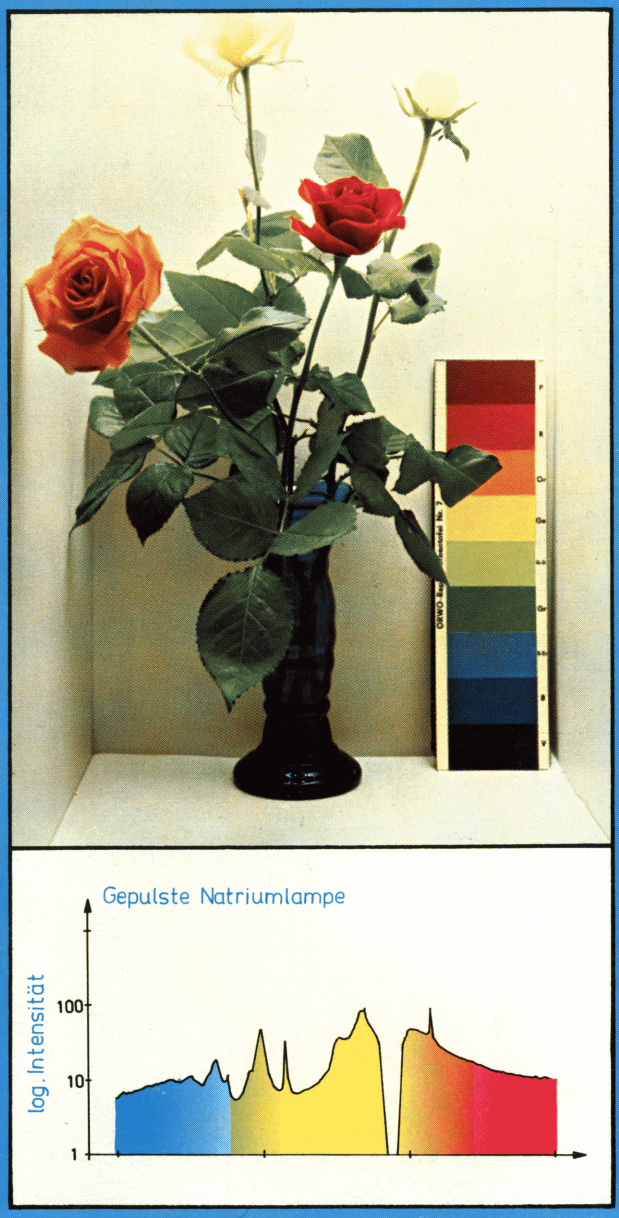
ELEKTRIE 9190

VERLAG TECHNIK BERLIN · Postverlagsort für DDR Leipzig · ISSN 0013-5399



NARVA

Licht nach Maß

0120239

efa 90

Fachausstellung für Elektrotechnik und Elektronik

Erfurt 3.-5. 10. 1990
IGA-Gelände

Öffnungszeit
9.00–18.00 Uhr

ISSN 0013-5399

44. Jahrgang

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift der Elektrotechnik

ELEKTRIE 9/90

Organ des Fachverbandes Elektrotechnik der Kammer der Technik

Redaktionsbeirat
Vorsitzender:
Prof. Dr. sc. techn. J. Vogel

Mitglieder:
Prof. Dr. sc. techn. S. Altmann · Prof. Dr. sc. techn. H. Böhme · Prof. Dr. sc. techn. Dr. h. c. P.-K. Budig · Dr. sc. techn. G. Burkhard · Dr.-Ing. D. Flügge · Obering. K. Friedel · Prof. Dr. sc. techn. J. Hoffmann · Dipl.-Ing. H. Kabisch · Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. e. h. R. Lappe · Dr. rer. nat. K. Möbius · Prof. Dr. sc. techn. E. Muschick · Prof. Dr. sc. techn. V. Pfeiler · Prof. Dr.-Ing. e. h. K. Pommer · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Schönfeld · Obering. Dipl.-Ing. N. Wass · Prof. Dr.-Ing. habil. G. Wunsch

Korrespondenten·
Dr.-Ing. K. Hannella, Ilmenau · Dr.-Ing. W. Jordan, Dresden

Titelbild
Die Ausleuchtung von Messen und Ausstellungen, von Verkaufsräumen, Schaufenstern und Vitrinen und viele ähnliche Aufgaben der Innenraumbeleuchtung stellen hohe Anforderungen an die Lichtqualität.
Auf der Grundlage eines elektronisch gesteuerten Impulsbetriebes ist es Wissenschaftlern und Technikern der NARVA Berliner Glühlampenwerk GmbH gemeinsam mit Mitarbeitern des Zentralinstitutes für Elektronenphysik der Akademie der Wissenschaften der DDR gelungen, hocheffektive Natrium-Hochdrucklampen für strahlend weißes Licht mit einer Farbtemperatur von 3000 K und guter Farbwiedergabe zu entwickeln, die frei von umweltbelastendem Quecksilber hergestellt werden können.
Unser Bild vermittelt einen Eindruck von der Beleuchtung mit diesen neuen Lichtquellen im Vergleich zu einer Beleuchtung mit Standard-Natriumlampen und zeigt die zugeordneten spektralen Energieverteilungen der beiden Lichtarten.

Verlag Technik GmbH Berlin

Inhalt — Seite

Aktuelle Information 322

Sommer, R.; Liewald, H.
Zur Entwicklung der Lichtquellen-Produktion in der DDR 323

Fachaufsätze

Steinbrück, V.; Wolff, J.
Schwerpunkte der wissenschaftlich-technischen Entwicklung lichttechnischer Erzeugnisse für die 90er Jahre 325

Günther, K.; Kloss, H. G.; Lehmann, T.; Radtke, R.; Serick, F.
Natrium-Hochdrucklampen mit einer Farbtemperatur von 3000 K 328

Stöckert, T.
NCA 35 – eine neue Generation von Kraftfahrzeug-scheinwerferlampen 332

Krzenziessa, S.; Weißer, W.
Erzeugnissortiment und Entwicklungsstand bei Kompakt-Leuchtstofflampen 333

Trotz, J.; Weißer, W.
Anlaufverhalten von Kompakt-Leuchtstofflampen 335

Hoger, E.-K.
Zündspannungsverhalten kompakter Leuchtstofflampen in Abhängigkeit von der Frequenz 337

Zabel, J.
Halbempirisches Modell zur Berechnung des Verhaltens von 26 mm-Leuchtstofflampen im äußeren Stromkreis 339

Herzog, G.; Reimer, B.
Aufgaben und Probleme bei der Entwicklung und Anwendung von Leuchtstoffen für Quecksilber-dampf-Niederdruckentladungslampen 340

Dietrich, H.-J.
Die Anwendung der Weibullverteilung zur Beschreibung der Zuverlässigkeit von Lichtquellen 342

Heinze, J.
Sekundärrohstoffe – Sekundärprobleme? Lichttechnisches Recycling 344

Kreher, J.; Wilhelm, J.
Experimentelle und theoretische Untersuchungen an Leuchtstofflampen-Entladungen mit kleinem Durchmesser 346

Umschau
Fachtagungen 351
Kurzberichte 352
Aus anderen Zeitschriften 357
Bücher 358

AKTUELLE INFORMATION

VDE-Kongreß '90

Zeit: 8. bis 10. Oktober 1990
Ort: Essen

Der VDE-Kongreß '90 mit seinen Fachtagungen
- Kommunikationsnetze der Zukunft
- Mit elektrischer Energie in die Zukunft
- Mikroelektronik und Sicherheit
- Verkehrsleitsysteme

gibt den Teilnehmern die Möglichkeit, in die Zukunft weisende Konzepte zu diskutieren.

Anfragen
VDE-Pressestelle
Stresemannallee 15
D–6000 Frankfurt a. M. 70
Telefon (069) 63 08-0

Die Redaktion EK 4288

SYSTEC '90

Internationaler CIM-Kongreß im Rahmen der SYSTEC '90

Zeit: 22. bis 24. Oktober 1990
Ort: München
Veranstalter: VDI-Gemeinschaftsausschuß CIM (VDI-GACIM)

Führende Experten stellen auf dem Internationalen CIM-Kongreß den Stand der Technik, Trends und Entwicklungsperspektiven des Computer Integrated Manufacturing dar.

Anfragen
VDI Verein Deutscher Ingenieure
Pressestelle *Peter Herrmann*
Graf-Recke-Straße 84
Postfach 1139
D–4000 Düsseldorf 1
Telefon (0211) 6214-276/541
Telefax (0211) 6214-575

Die Redaktion EK 4292

Flexible Fertigung und Bearbeitung mit Industrierobotern

Neue Entwicklungen und ganzheitliche Konzeptionen

Fachtagung
Zeit: 17. und 18. Oktober 1990
Ort: Frankfurt/M., Parkhotel, Wiesenhüttenplatz 28–38, D–6000 Frankfurt 1

Tagungsziel:
Die Zahl der Industrieroboter für Schweiß-, Oberflächenbehandlungs- und Montageaufgaben in flexiblen Automatisierungssystemen nimmt ständig zu. Aufgrund der großen technischen Fortschritte in der Sensorik, Steuerung und durch die überlegene Vielseitigkeit von Robotern, ist auch eine wirtschaftliche Herstellung kleiner Losgrößen möglich.

Im Rahmen der Tagung werden den Teilnehmern die neuesten Entwicklungen in der Robotik und Sensorik, der Stand der Technik, die Grenzen der Automatisierung sowie die Entwicklungstendenzen für integrierte Systeme erläutert.

Weitere Schwerpunkte bilden die Vorstellung eines Konzeptes für die Errichtung einer flexiblen Montageanlage von der Planung bis zur Einbindung in die rechnerintegrierte Produktion, die Bedeutung und Einsatzmöglichkeiten von wissensbasierten Systemen sowie der praktische Einsatz von Robotern in der Oberflächenbehandlung bei der Automobilherstellung.

Anfragen
Forum · Institut für Management GmbH
Postfach 105060 · D–6900 Heidelberg
Telefon 06221/49981

Die Redaktion EK 4283

„Technologische Ausrüstungen zur Herstellung elektronischer Erzeugnisse – Elektrotechnologie – 90"
Internationale Fachausstellung
Ort: Moskau
Zeit: 22. bis 29. November 1990

Thematik der Ausstellung
Ausrüstungen zur Herstellung von
- elektrischen Maschinen, Transformatoren
- Stromquellen
- Kabeln, Kabelerzeugnissen
- Kondensatoren
- Halbleiterleistungsgeräten
- elektrischen Lampen und lichttechnischen Erzeugnissen
- elektrischen Wärmeanlagen
- Leiterplatten
- elektrotechnischen Materialien (Dielektrika, Leiter, Halbleiter, Magnet- und Konstruktionsstoffe)
- Elektroisolierstoffe
- elektrokeramische Erzeugnisse und Materialien sowie

Ausrüstungen auf der Basis der Elektronen-Ionen-Technologie, zur Verarbeitung der Abfälle aus der elektrotechnischen Industrie, für die Reparatur elektrotechnischer Erzeugnisse.

Anfragen
Moskau 107113
Sokolnitscheskij Val 1a
V/O „Expocentr", „Elektrotechnologie – 90"
Telefon 264-61-33.

Die Redaktion EK 4276

belektro '90

Fachausstellung für Elektrotechnik
Zeit: 28. November bis 1. Dezember 1990
Ort: Berlin
Veranstalter: AMK Berlin

Das Informationsangebot der zum vierten Mal veranstalteten belektro Berlin umfaßt die Bereiche
- der Elektro-Installationstechnik
- der Energieerzeugung, -umwandlung und -speicherung
- der Hausleittechnik
- der Lichttechnik
- der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik sowie

des Werkzeugsortimentes und der Betriebs-, Lager- und Montageausstattung.

In der Steuerungs- und Regelungstechnik wird es unter anderem um die Vereinheitlichung von Strukturen gehen, und in der Hausleittechnik werden als Novum Normen auf europäischer Basis diskutiert werden. Weitere Schwerpunkte werden die durch BUS-Systemangestrebte Automation im Rahmen der Gebäude-Elektrotechnik, moderne elektrische Kommunikationssysteme sowie Probleme der Freileitungen und des Blitz- und Überspannungsschutzes sein.

Anfragen
Ausstellungs-Messe-Kongress-GmbH
Postfach 191740, Messedamm 22
D–1000 Berlin 19
Telefon: 030/3038-0

Die Redaktion EK 4279

IFM '92

Internationale Fachmesse für Logistik

Zeit: 21. bis 29. Januar 1992
Ort: Basel, Schweiz

Die Fachmessen IFM gehören seit 1966 zu den wichtigsten Präsentationen der Logistik in Zentraleuropa. Sie vermitteln eine Übersicht über den Stand der Technik, die verfügbaren Maschinen und Apparate für Systeme der Förder- und Lagertechnik, über Handling, Roboter-Anwendungen sowie die zugehörigen Software-Entwicklungen. Die IFM-Fachmessen werden in einem Rhythmus von 4 Jahren durchgeführt als Voraussetzung dafür, daß jeweils wirkliche Neuheiten sowie anspruchsvolle Anwendungsbeispiele präsentiert werden können.

Anfragen
Schweizer Mustermesse
Kommunikation
Bernd Schuster
Postfach
CH–4021 Basel
Telefon 061/686 2273
Telefax 061/691 2020

Die Redaktion EK 4289

Wir informieren

Die diesjährige Jahres-Mitgliederversammlung des Fachverbandes Bauelemente der Elektronik im Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) fand mit Beteiligung von hochrangigen Repräsentanten der Elektronikindustrie der DDR statt.

Firmenvertreter aus Ost und West diskutierten über die Notwendigkeit und konkreten Möglichkeiten der industriellen Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen in beiden Teilen Deutschlands. Breiten Raum nahm auch die Diskussion über die Einordnung einer künftigen gesamtdeutschen Bauelementeindustrie im europäischen und internationalen Kontext ein.

Die Redaktion EK 4267

Zur Entwicklung der Lichtquellen-Produktion in der DDR

Von
Ing.-oec. Ralf Sommer
Hauptgeschäftsführer der NARVA Berliner Glühlampenwerk GmbH
und
Dr. oec. Horst Liewald
Wissenschaftlicher Mitarbeiter der NARVA Berliner Glühlampenwerk GmbH

Die Lichttechnik in Berlin ist über 100 Jahre alt. Sie war der Motor für die Entwicklung der Elektrotechnik. So dienten Stromerzeugung und -verteilung zunächst ausschließlich der Lichterzeugung. Sie war die Quelle vieler heutiger Spitzentechnologien, z. B. der Plasmaphysik, und Impulsgeber für neue Werkstoffe, wie hochschmelzende Metalle und spezifische Gläser. Sie war nicht zuletzt die Keimzelle der modernen Automatisierung, denn die Glühlampe kann als das erste weitgehend automatisiert gefertigte technische Erzeugnis angesehen werden.

Heute ist die Produktion von lichttechnischen Erzeugnissen über das Gebiet der ganzen DDR verbreitet.

Im internationalen Maßstab hat die Lichterzeugung in den 80er Jahren bedeutend zugenommen. Es wird eingeschätzt, daß dieser Trend auch bis zum Jahr 2000 unvermindert anhält.

Lichttechnische Erzeugnisse sind in der modernen Welt unverzichtbar. Licht gehört zu den Grundbedürfnissen der Menschheit. Jeder Augenblick des menschlichen Lebens wird von Informationen bestimmt. 80 % dieser Informationen vermittelt das menschliche Auge. Das Licht ermöglicht erst das Sehen.

Die Anwendung künstlichen Lichtes, also in heutiger Zeit die elektrische Beleuchtung, ist bewußtes Nachvollziehen der Naturphänomene Sonnenlicht und Blitz.

Wo Licht ist, ist Energie. Das trifft auf das natürliche Licht mit Energiewandlungsvorgängen auf und in der Sonne oder in der Atmosphäre ebenso zu wie auf das künstlich erzeugte Licht – und damit sind wir bei der hochaktuellen Energiefrage, die eine der wichtigsten Herausforderungen unserer Zeit ist.

Die rationelle Energieumwandlung und -anwendung ist und bleibt eine Hauptquelle für die Deckung des Zuwachses des Energiebedarfs der DDR, zumal gleichzeitig damit auch einem solch wichtigen Anliegen wie dem Umweltschutz Rechnung getragen wird.

Deshalb geht es darum, das bewußte Nachvollziehen der Naturphänomene Sonnenlicht und Blitz so rationell wie möglich zu gestalten.

Dieses Anliegen reicht bis in die Frühzeit der Menschheit zurück. Bis zum heutigen Tag blieb das Erstreben besserer Lebensbedingungen immer auch ein ständiges Suchen nach hellerem, nach besserem Licht.

Diesem Streben sind mit einer Lichtausbeute von 225 – 300 lm/W Grenzen gesetzt, und zwar zum einen durch das fotometrische Äquivalent, das das lichttechnische mit dem elektrischen Maßsystem verbindet, und zum anderen durch die spektrale Augenempfindlichkeit, wie sie sich im Laufe der Menschheitsgeschichte in Wechselwirkung mit der Hauptlichtquelle Sonne herausgebildet hat. Der Ansturm auf die Erreichung eines helleren Lichtes war über Jahrtausende äußerst mühselig. Er blieb trotz Entwicklung der Öllampe um 4000 v. d. Z., des Kerzengebrauchs in der Römerzeit und der Kohle-Gas-Beleuchtung im 18. Jahrhundert von geringem Erfolg. So betrug die Lichtausbeute einer Stearinkerze 0,1 lm pro Watt, des Petroleumlichtes 0,25 lm pro Watt und des Leuchtgases zwischen 1 und 3 lm pro Watt.

Ein Umschwung in der Lichterzeugung wurde erst im 19. Jahrhundert mit der elektrischen Beleuchtung eingeleitet, wenn auch die Kohlefadenlampe *Edinsons* zunächst keine wesentlich höhere Lichtausbeute als das Gasglühlicht brachte.

Betrachten wir die historische Entwicklung des Wirkungsgrades bzw. der Lichtausbeute der Lichtquellen, dann zeigt sich, daß seit Beginn der elektrischen Beleuchtung vor mehr als 100 Jahren der Wirkungsgrad ständig gestiegen ist.

Die Allgebrauchsglühlampen, das Wirkprinzip der Temperaturstrahlung verkörpernd, brachten es auf der Basis von Wolframdraht, dem Material mit dem niedrigsten Dampfdruck, einer Gasfüllung zum Zwecke einer reduzierten Verdampfungsgeschwindigkeit des Wolframs und einem Doppelwendelglühkörper auf eine Lichtausbeute von 10 bis 15 lm/W, einen Wert, dem auch die BGW-Allgebrauchslampen entsprechen.

Dieser Wert, bezogen auf den o. g. Grenzwert, besagt jedoch, daß mit Allgebrauchsglühlampen lediglich ca. 5 % der elektrischen Energie in Lichtenergie umgewandelt werden. Der Rest von 95 % ist Wärmeenergie. Allgebrauchsglühlampen sind in diesem Sinne eigentlich kleine „Öfchen".

Das ist in der ganzen Welt so.

Trotzdem kann man sagen, daß die traditionellen Allgebrauchsglühlampen einen sehr großen Reifegrad erreicht haben. Ihre optimalen geometrischen Abmessungen, einfache Bauweise und geringen Herstellungskosten machen es ungeachtet einer ungünstigen Energieökonomie alternativen Lösungen noch schwer, sich durchzusetzen. Diese stehen aus Gründen einer rationellen Energieanwendung jetzt verstärkt auf der Tagesordnung, wie noch aufgezeigt wird.

Eine interessante Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Glühlampen stellen die Halogenglühlampen dar, in denen durch Zusatz von Halogenen die Schwärzung der Lampenkolben mit verdampftem Wolfram weitgehend herabgesetzt wird. Das ermöglichte die Entwicklung von Lampen in kompakter Bauform sowie mit doppelter Lichtausbeute und auch Lebensdauer gegenüber den herkömmlichen Glühlampen. Wir haben es hier mit einer partiellen Verbesserung des bekannten wissenschaftlich-technischen Prinzips der Temperaturstrahlung zu tun, die mit höheren Aufwendungen und einer Veränderung des Anwendungsbereiches verbunden ist.

Die Halogenglühlampen erobern sich z. Z. immer neue Anwendungsfelder, insbeson-

dere außerhalb der Allgemeinbeleuchtung, so daß sie gegenwärtig mit Recht zu den innovativen Produkten der Lichttechnik gezählt werden.

Die Halogenglühlampenentwicklung und -produktion der DDR entspricht weitestgehend dem internationalen wissenschaftlich-technischen Höchststand, ohne jedoch die internationale Typenvielfalt zu erreichen.

Parallel zur Vervollkommnung der Glühlampen in Richtung gasgefüllte Doppelwendellampe wurde mit dem Übergang von der Temperaturstrahlung zu einem neuen Wirkprinzip, der Gasentladung, eine neue Qualität der Lichterzeugungstechnik begonnen, die durch eine weitere Optimierung der Strahlung die Voraussetzung für eine bedeutende Steigerung des Wirkungsgrades bzw. der Lichtausbeute schuf.

Als Lichtquellen im heutigen Sinne wurden auf dieser Basis atomarer, die Lichtemission bestimmender Prozesse Quecksilberdampf-Hochdrucklampen und Niederdruck-Leuchtstofflampen eingeführt.

Die Quecksilberdampf-Hochdrucklampen bestehen aus einem Quarzrohr als eigentlichem Entladungsgefäß, in dem unter Hochdruck die Quecksilberentladung betrieben wird.

In einer weiteren Entwicklungsetappe gelang es, durch die Verwendung von keramischem Material anstelle von Quarzgläsern Natrium-Hochdrucklampen herzustellen. Die Lichtausbeute lag bei 80 bis 120 lm/W ungefähr doppelt so hoch wie bei der Quecksilberdampf-Hochdrucklampe, wobei die gleichen Eigenschaften – hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer – realisiert werden.

Die parallele Entwicklung der Halogen-Metalldampf-Hochdrucklampe war ein entscheidender Schritt in der Herstellung von Lampen mit hoher Lichtausbeute und guten Farbwiedergabeeigenschaften.

In der DDR werden alle 3 Hochdrucklampentypen auf einem Erzeugnisniveau hergestellt, das dem internationalen Niveau entspricht.

Sowohl bei den Natriumdampf-Hochdrucklampen als auch bei den Halogen-Metalldampflampen ist es international gelungen, in das Gebiet der kleinwattigen Typen vorzustoßen.

Bei der Entwicklung von Niederdruckentladungslampen, den Leuchtstofflampen, verzeichnen wir zwei Etappen.

Seit Mitte der 30er Jahre, in denen die ersten brauchbaren Leuchtstofflampen für Netzspannungsanschluß vorgestellt wurden, bis zur Erreichung einer auf dem Abschluß der Halophosphatleuchtstoffentwicklung beruhenden stabilen Situation Anfang der 70er Jahre wurde eine Lichtausbeutesteigerung von ca. 40 lm/W auf 80 lm/W bei weißer Lichtfarbe erreicht.

Nach einer Zeit der Stagnation wurden im letzten Jahrzehnt wieder deutliche Fortschritte durch die Optimierung der Entladung mit Änderung des Füllgases und Reduzierung des Rohrdurchmessers, durch Veränderung der Leuchtstoffe mit Einsatz von Dreibandenleuchtstoffen und durch Einsatz elektronischer Vorschalttechnik erzielt, wodurch Lichtausbeutewerte bis zu etwa 100 lm/W realisierbar wurden. Auch in der DDR wird dieser Weg mitgegangen.

Die 80er Jahre waren außerdem dadurch charakterisiert, eine Leuchtstofflampe in einer Art Glühlampenform herzustellen, indem die Entladung einer stabförmigen Leuchtstofflampe entsprechend der Geometrie einer Glühlampe verändert wurde. Es kam zur Einführung einer Vielzahl glühlampenersetzender Kompaktlampen mit integrierten Baugruppen der Leistungselektronik, die die hohe Lichtausbeute und lange Lebensdauer der Leuchstofflampe mit den Vorteilen einer Glühlampe verbinden, nämlich kompakte Form, einfache Handhabung, angenehme Lichtfarbe.

In der DDR werden aufbauend auf den Erfahrungen bei der Entwicklung und Herstellung von Niederdruck-Entladungslampen zwei Typenreihen von Kompaktlampen für den Glühlampeneinsatz angeboten, und zwar NARVALUX LD (Doppelrohrlampen) und NARVALUX electronic LVE (4-Rohrlampen).

Beide Typenreihen sind wie folgt charakterisiert:

NARVALUX LD: Kompakte Niederdruck-Entladungslampe mit einseitiger Sockelung G 23, bestehend aus zwei parallel angeordneten und im oberen Teil miteinander verbundenen Entladungsgefäßen. Im Sockel G 23 sind die zur Zündung der Lampe erforderlichen Bauteile Glimmzünder und Kondensator untergebracht, zum Betrieb der Lampe ist ein induktives Vorschaltgerät notwendig. Für diese Typenreihe wird auch die Bezeichnung Doppelrohrlampe verwendet.

Der Einsatz der Typenreihe NARVALUX LD erfolgt in Verbindung mit speziellen Leuchten oder mit sogenannten Kompaktsteinen. Kompaktsteine sind Leuchtenumrüstungssätze, die eine Kombination eines Vorschaltgerätes mit der Fassung G 23 darstellen und für den Umbau bestimmter Glühlampenleuchten vorgesehen sind.

NARVLUX electronic LVE: Die Typenreihe NARVALUX electronic ist die modernste Reihe innerhalb der NARVA-Kompaktlampen. Hier sind vier Entladungsgefäße in quadratischer Form angeordnet und untereinander verbunden, woraus auch die Bezeichnung Vierrohrlampe (LVE) resultiert. Bestimmend sind jedoch die zwei wesentlichen Bauteile der Lampe: das in die Lampe integrierte elektronische Vorschalt- und Zündsystem sowie der Schraubsockel E 27. Dadurch ist der Sofortersatz von Glühlampen möglich ohne neue Leuchten bzw. Leuchtenumrüstung, d. h. vorhandene Leuchten können weiterhin genutzt werden, soweit die Abmessungen der Lampen NARVALUX electronic das zulassen.

Eine Vielzahl von Glühlampenleuchten läßt sich unkompliziert auf die energiewirtschaftlich günstigen Kompaktlampen umstellen.

Die Lichtquellenproduktion der DDR beschreitet somit ebenfalls den Weg der Kompaktlampenentwicklung und -produktion, ohne allerdings z. Z. die Sortimentsbreite und das Produktionsniveau internationaler lichttechnischer Großunternehmen zu erreichen.

Man kann aus heutiger Sicht sagen:

Die Hauptrichtung der Entwicklung der Lichtquellenproduktion in der Gegenwart und auch in der Zukunft, bis zum Ende des Jahrtausends, sind langlebige Entladungslampen, d. h. an elektronische Vorschaltgeräte angepaßte stabförmige Leuchtstofflampen, kompakte Leuchtstofflampen und kleinwattige Hochdrucklampen.

Darüber hinaus werden im internationalen Maßstab für die nächsten Jahre Halogenglühlampen in einem breiten Sortiment weiterentwickelt und als brillante und kompakte Lichtquelle zunehmende Anwendung finden.

Der gegenwärtige und künftige Innovationsschub in der Lichtquellenentwicklung führt weiter an die Grenzen der wissenschaftlich-technischen Möglichkeiten – z. B. der physikalisch ablaufenden Lichtemission und der chemischen Reaktionskinetik-, wofür der allgemeine technische Fortschritt, z. B. auf dem Gebiet der Elektronik, für die Probleme der Lichterzeugung genutzt wird.

Die Breite der Materialfragen infolge extremer Temperaturen und hoher Leistungsdichten sowie der Ansprüche der technologischen Verfahren aufgrund hoher Präzision bei der Verbindung metallischer Werkstoffe, der Sicherung der Vakuumhygiene, der Beherrschung komplizierter Fügetechniken, der Anwendung moderner Mittel der Maschinensteuerung und Fertigungskontrollen ergibt viele Ansatzpunkte, die zu weiter verbesserten lichttechnischen Produkten führen werden.

Für die Lichtquellenproduktion der DDR kommt es darauf an, diesen internationalen Entwicklungstendenzen zu entsprechen. Über den erreichten Stand und die Aspekte der künftigen Forschungs- und Entwicklungsstrategie wird im einzelnen in den nachfolgenden Beiträgen berichtet.

EA 6162

Schwerpunkte der wissenschaftlich-technischen Entwicklung lichttechnischer Erzeugnisse für die 90er Jahre

V. Steinbrück; J. Wolff; Berlin

1. Energieökonomie als Innovationslinie

Seit Einführung der Glühlampe vor über 100 Jahren wird die Entwicklung der Beleuchtung und der lichttechnischen Erzeugnisse durch die stetige Erhöhung des energiewirtschaftlichen Wirkungsgrades geprägt. Primär ist selbstverständlich das Bedürfnis der Beleuchtung und damit der Lichtbedarf als Qualität unserer Lebens- und Arbeitsumwelt. Da jedoch mehr als die Hälfte der Beleuchtungskosten Energiekosten sind, ist die Energieökonomie ein grundlegender Maßstab für die Entwicklung der Beleuchtung und insbesondere der Lichterzeugung. Somit überlagert sich dieser energieökonomische Trend der Entwicklung der Beleuchtung nach Qualität und Quantität, wie sie die industriellen, gesellschaftlichen und individuellen Bedürfnisse erfordern. Im Ergebnis kann man die Energieökonomie als langfristig und kontinuierlich wirksame Innovationslinie in der Lichterzeugung erkennen, und zwar mit einer konsequenten Entwicklung der physikalischen Wirkprinzipien, der eingesetzten Spezialmaterialien und ihrer hochproduktiven Verarbeitung zu hochwertigen Erzeugnissen. Man kann heute feststellen, daß mit dem Verfolgen dieser Innovationslinie im Verlauf der 80er Jahre Energieeinsparungen auf dem Wege der Umstellung älterer Beleuchtungsanlagen auf neue Lichtquellen und Leuchten mit höherer energiewirtschaftlicher Effizienz in volkswirtschaftlichem Maßstab erreicht wurden. Damit wurden unter den ungünstigen Bedingungen der 80er Jahre begrenzte Fortschritte erzielt, wenn auch durch die Marktabgrenzung und die beschränkte Investitionskraft eine durchgehende Sanierung und Modernisierung der Beleuchtungsanlagen des Landes nicht möglich war. So wurden wesentliche Teile der Erneuerung der Produktion lichttechnischer Erzeugnisse und der Erneuerung der Beleuchtungsanlagen mit hohem Niveau auf die 90er Jahre verlagert.

Bei Lichtquellen wurden in den 80er Jahren höhere Lichtausbutewerte in großem Umfang wirksam gemacht, und zwar sowohl durch Weiterentwicklung der Lichtausbeute selbst als auch durch Strukturverschiebungen zugunsten höherer Einsatzanteile von Lichtquellen hoher Lichtausbeute. Bei Leuchtstofflampen als Hauptlichtquellen – sie erzeugen zwei Drittel unseres Lichtes – richteten sich die Bemühungen auf das Wirksammachen der Lichtausbeute-Erhöhung, wie sie im Zusammenhang mit der Durchmesser-Verringerung und dem Einsatz neuer Leuchtstoffe erzielt wird.

Bei Hochdrucklampen ging es vor allem um die Substitution der Quecksilber-Hochdrucklampen durch Natrium-Hochdrucklampen, verbunden mit einer Reduzierung der für das gleiche Licht aufgewendeten Energie auf etwa 60 %.

Die ausgewiesenen Beiträge zur Energieeinsparung (Bild 1) spiegeln die Wirkung des Einsatzes neuer energieökonomischer Lichtquellen im Fünfjahreszeitraum im Vergleich zum (fiktiven) Einsatz unveränderter Lichtquellen wider. So stieg der Beitrag der Hochdrucklampen zur Energieeinsparung in der 2. Hälfte der 80er Jahre auf 50 % gegenüber 30 % in der 1. Hälfte der 80er Jahre, jedoch bei Verdreifachung des absoluten Wertes. Dieses Ergebnis wurde in den 70er Jahren technisch vorbereitet. Der Beitrag der Leuchtstofflampen zur Energieeinsparung wuchs absolut ebenfalls, wenn auch bei weitem nicht im gleichen Maße; der Anteil veränderte sich von 70 % auf 45 %.

Neu in der 2. Hälfte der 80er Jahre ist ein nennenswerter Beitrag von knapp 5 % durch kompakte Leuchtstofflampen, deren Vorbereitung in der 1. Hälfte der 80er Jahre erfolgte. Hinsichtlich der Wirksamkeit kompakter Leuchtstofflampen als Glühlampen-Substitut muß man feststellen, daß sie sich mengenmäßig unterhalb der Grenze bewegen, die sie als Bedarfsverringerung bei Glühlampen spürbar machen würde. Dieser Effekt wird mit ihrem weiteren Einsatzanstieg den 90er Jahren vorbehalten sein [1].

Als Ergebnis der 80er Jahre stellen wir ein deutliches Wachstum der energieökonomischen Lichtquellen und ihrer energieeinsparenden Wirkung in unserem Lande fest. Der Prozeß der Umstellung von Quecksilber- auf Natrium-Hochdrucklampen kann Anfang der 90er Jahre im wesentlichen abgeschlossen werden. Danach wird die kontinuierliche energieökonomische Weiterentwicklung der Natrium-Hochdrucklampen wirksam, analog zur derzeitigen Entwicklung der Leuchtstofflampen. Demgegenüber wurde die technische Vorbereitung für Produktion und Anwendung der kompakten Leuchtstofflampen in den 80er Jahren soweit geführt, daß sie durch Substitution von Glühlampen in den 90er Jahren einen zunehmenden Beitrag zur Energieeinsparung erbringen können.

Damit wird – und das entspricht mehr denn je den ökonomischen Erfordernissen unseres Landes – in den 90er Jahren die rationelle Energieanwendung als Innovationslinie die Entwicklung der Beleuchtung weiterhin prägen. Gleichzeitig wird es jedoch durch die zunehmende Marktöffnung möglich werden, den notwendigen Entwicklungen der Beleuchtungsqualität differenzierter zu entsprechen.

2. Entwicklung von Lichterzeugung und Energieverbrauch aus internationaler Sicht

Im Ergebnis der sogenannten Energiekrisen in den 70er Jahren wurde international die energiewirtschaftliche Bindung der Beleuchtung verstärkt deutlich gemacht. Daraus folgte nicht nur eine unmittelbare Forcierung der energieökonomischen Lichtquellen, sondern gleichzeitig entstand die Notwendigkeit, die technisch-ökonomischen Dimensionen der erforderlichen Strukturverschiebungen zu erfassen. Eine wesentliche Aktivität in den 70er Jahren war der Beginn gemeinsamer analytisch-prognostischer Abschätzungen interessierter Länder zur Entwicklung von Lichterzeugung und Energieverbrauch. Diese Analysentätigkeit der

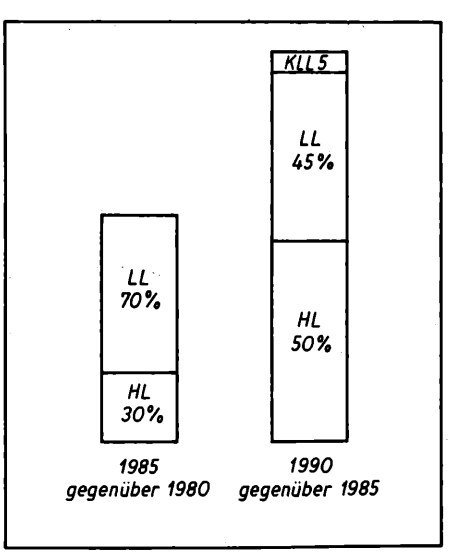
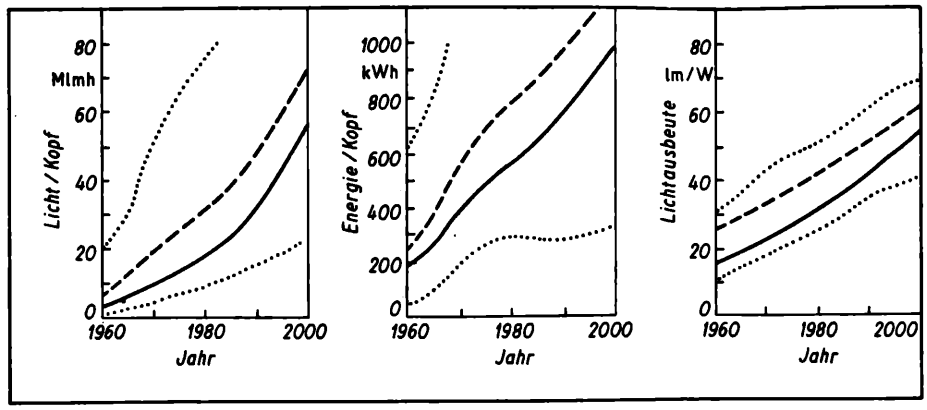


Bild 1. Elektroenergie-Einsparung durch Hochdrucklampen (HL) Leuchtstofflampen (LL) Kompakte Leuchtstofflampen (KLL)

Dr. rer. nat. *Volker Steinbrück* ist Leiter der Forschungsökonomie, Dr. rer. nat. *Joachim Wolff* ist Leiter der Prognose der NARVA Berliner Glühlampenwerk GmbH.

Bild 2. Internationale Entwicklung von Lichterzeugung, Energieverbrauch und Lichtausbeute
———— 14 europäische Länder (Mittelwert)
– – – – – – 16 Länder einschließlich USA und Japan (Mittelwert
..... obere bzw. untere Hüllkurve



Länder wurde in einem Technischen Komitee der Internationalen Beleuchtungskommission CIE aufgebaut, und zwar auf Initiative und unter profilierender Leitung von *Švehla* (ČSFR), der schrittweise ein geeignetes Parametersystem für Eingangs- und Ergebnisdaten entwickelte, das heute als erprobt und sehr gut geeignet bezeichnet werden muß.

Die Analysen wurden als Expertenbefragung von Fachleuten einer Reihe von Ländern erarbeitet und länderanonym verarbeitet. Im Ergebnis der Arbeitsperiode 1983–87 des Technischen Komitees der CIE wurde 1987/88 eine Auswertung zusammengestellt, die die Meinung von 16 Ländern-Experten durch Mittelwertsbildung aggregiert [2]. Betrachten wir die daraus sichtbar werdende internationale Entwicklung von Lichterzeugung, Energieverbrauch und Gesamtlichtausbeute (Bild 2). Danach steigt der Lichtbedarf von 1960 bis 2000 von 2,7 auf 56 M lmh / Kopf.Jahr, dabei allein von 1985 bis 2000 fast auf das 2 1/2fache.

Demgegenüber wächst der Energieverbrauch für Beleuchtung von 1960 bis 2000 von 165 auf 1000 kWh / Kopf, dabei von 1985 bis 2000 auf das 1 1/2fache. Die wesentlich höhere Steigerungsrate der Lichterzeugung im Vergleich zum Energieverbrauch wird ermöglicht durch die Lichtausbeute-Steigerung von 1960 bis 2000 von 16 auf 56 lm / W, davon 1985 bis 2000 auf das 1 1/2fache. Diese Lichtausbeute-Steigerung allein bewirkt also, daß die Lichterzeugung von 1985 bis 2000 nicht nur auf das 1 1/2fache wie die Energie, sondern auf das 2 1/2fache steigt.

Als internationaler Gesamttrend und für den Welt-Licht-Markt wird also ein weiter progressiv steigender Lichtbedarf prognostiziert, dessen energiewirtschaftliche Auswirkungen durch die Lichtausbeute-Steigerung wesentlich gemildert und damit tragbar werden. Die Kontinuität der Mittelwertskurven (Bild 2) spiegelt die sogenannte Energiekrise nicht unmittelbar wider, ein Effekt, der weitergehender Analysen bedarf. Die Ergebnisse für die einzelnen Länder nach ihren Experteneinschätzungen zeigen jedoch erhebliche Unterschiede, die bei der Mittelwertsbildung über die 16 Einschätzungen in den Hintergrund treten. Diese Unterschiede sind nicht nur als Schätzunterschiede der Länderexperten zu werten, sondern teilweise auch als tatsächliche Differenzen des Standes und der Entwicklung, da letztlich das Wachstum der Beleuchtung durch die ökonomischen und technischen Potenzen der Länder gesteuert wird.

3. Entwicklung von Lichterzeugung und Energieverbrauch in der DDR

Unter den Bedingungen der restriktiven Energiepolitik der 80er Jahre wurden Modelle und Szenarien für die Entwicklung von Lichterzeugung und Energieverbrauch in der DDR entwickelt, die teilweise erheblich von den Vorstellungen für andere Länder abweichen. So wurde geprüft, unter welchen Bedingungen es möglich ist, durch forcierten Einsatz von Lichtquellen hoher Lichtausbeute um den Beginn der 90er Jahre einen allmählich langsamer steigenden Lichtbedarf bereits mit schwach sinkendem Energieverbrauch zu decken. Ein derartiges modellmäßig berechnetes Szenario (Bild 3) läßt sich aufbauen auf

- der Umstellung der Außenbeleuchtung von Quecksilber- auf Natrium-Hochdrucklampen
- dem zunehmendem Einsatz von Leuchtstofflampen erhöhter Lichtausbeute
- der wachsenden Substitution von Glühlampen durch kompakte Leuchtstofflampen

d. h. auf Prozesse, die in bestimmten Anwendungsgebieten bereits spürbare Energieeinsparungen erbracht haben. Eine solche Entwicklung entspricht einer energieökonomischen Wende der Entwicklung der Beleuchtung in unserem Lande und würde den gegenwärtigen ökonomischen Verschärfungen der Energiewirtschaft entgegenkommen. Bei den bisherigen Untersuchungen mußte jedoch offenbleiben, wieweit die Kosten eines solchen umfassenden und dominierenden Einsatzes energieökonomischer Lichtquellen von der Energieeinsparung volkswirtschaftlich getragen werden. Das Problem liegt nicht nur in den Schwierigkeiten einer umfassenden volkswirtschaftlichen Aufwand-Nutzen-Analyse unter den spezifischen Unsicherheiten der DDR-Ökonomie. Vielmehr sind derartige Analysen generell, auch unter den Bedingungen der Marktwirtschaft schwierig und teilweise durch verzerrte Primärdaten selbst wieder verzerrt, wie Analysen zur Energiewirtschaft gezeigt haben [3]. Daß Energieeinsparungen jedoch durchweg weniger aufwendig als der Ausbau der Energieversorgung sein können und wie überraschend steigender Energieverbrauch in sinkenden Energieverbrauch umschlagen kann, wurde aus den USA bekannt [4]. Deshalb ist ein Übergang von steigendem zu fallendem Energieverbrauch in der Beleuchtung über entsprechende Modelle weiterhin zu prüfen.

4. Ansätze und Innovationseinrichtungen

Wenn man die Energieökonomie als grundlegende Innovationslinie für die Entwicklung der Beleuchtung betrachtet, muß man dadavon ausgehen, daß sie von einer ganzen Reihe von Innovationsrichtungen getragen und ergänzt wird. Herausgestellt seien folgende Effekte und Prozesse für die gegenwärtigen und zukünftigen Hauptrichtungen:

- Miniaturisierung von Lichtquellen und Leuchten:
  Durch die Reduzierung von Verlustprozessen mit hoher Wärmeerzeugung und durch den Einsatz hochbelastbarer Spezialmaterialien wurde vor allem bei Leuchtstofflampen einschließlich kompakter Formen, bei Hochdrucklampen und bei Halogen-Glühlampen das Lichtquellenvolumen immer weiter verkleinert (Tafel 1) [5] und dadurch die Konstruktion kleinerer Leuchten mit günstigeren Anwendungseigenschaften ermöglicht.
- Integration von Lichterzeugung und Lichtlenkung:
  Hier wurden Fortschritte sowohl bei Reflektor-Glühlampen wie auch bei der verbesserten gegenseitigen Anpassung von Lichtquelle, Reflektor und Leuchte erzielt, um nur einige Beispiele zu nennen [6].
- Elektronik:
  In der Beleuchtung wird die Elektronik vor allem bei Betriebsgeräten für Lichtquellen und bei der Steuerung von Beleuchtungsanlagen wirksam, außerdem in der Produktion lichttechnischer Erzeugnisse auch bei der Steuerung komplizierter techno-

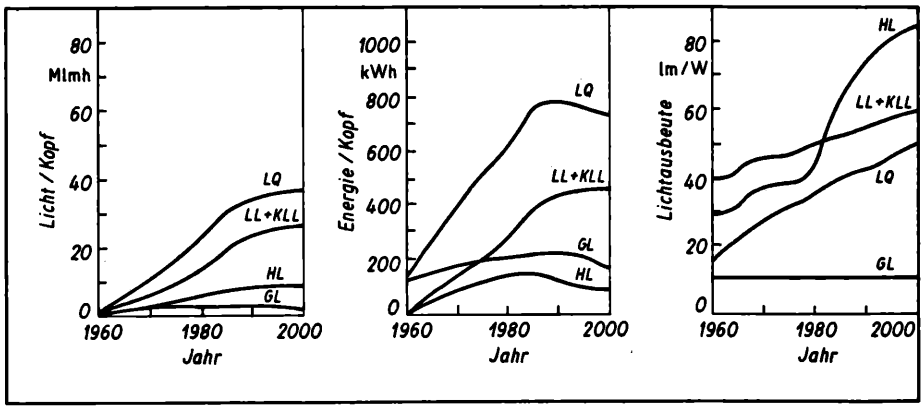


Bild 3. Entwicklung von Lichterzeugung, Energieverbrauch und Lichtausbeute für die DDR
LQ Lichtquellen gesamt
GL Glühlampen
LL + KLL stabförmige und kompakte Leuchtstofflampen
HL Hochdrucklampen

logischer Prozesse. Hervorgehoben seien hier die technischen Fortschritte bei elektronischen Vorschalt- bzw. Betriebsgeräten bei so unterschiedlichen Lichtquellenarten, wie Halogenglühlampen, Leuchtstofflampen einschließlich der kompakten Formen und Hochdrucklampen. Insbesondere sind bei Natrium-Hochdrucklampen durch spezielle Formen des Betriebsregimes Verschiebungen des Farbcharakters von niedrigen Farbtemperaturen im gelbroten Bereich zu hohen Farbtemperaturen im weißen Bereich erzielt worden [7] [8].

- Differenzierung der Farbqualität in der Beleuchtung:
  In der Beleuchtung wurden in den vergangenen Jahrzehnten für bestimmte Anwendungsgebiete Abstriche in der Farbwiedergabe zugunsten einer hohen Lichtausbeute toleriert, insbesondere für die Einführungsphase neuer Lichtquellen, z. B. bei Hochdrucklampen für die Außenbeleuchtung. Andererseits wurden für Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Farbwiedergabe auch Lichtquellen mit besonders hoher Farbqualität entwickelt.
- Erhöhung der Qualität spezieller Materialien und Halbzeuge:
  Fortschritte bei lichttechnischen Erzeugnissen sind immer wieder begründet in speziellen hochbelastbaren Werkstoffen, wie Wolfram, Leuchtstoffe, Glas, Kieselglas und Oxidkeramik, und ihrer angepaßten Verarbeitung innerhalb enger Toleranzen. Hier spielen Oberflächen und dünne Schichten eine zunehmende Rolle. An Bedeutung gewinnen Wiedergewinnung und Entsorgung.

Dabei werden die verschiedenen Effekte auch in Kombinationen wirksam. Allgemeiner Maßstab für die Nutzung derartiger Effekte ist die Sehaufgabe bzw. die Erkennbarkeit im Zusammenhang mit Beleuchtungsqualität und -kosten.

5. Ausblick und Schlußfolgerungen

In der Welt wie in unserem Lande beobachten wir eine sehr dynamische Entwicklung der Lichterzeugung und der Beleuchtung, verbunden mit langfristigen Strukturverschiebungen. Auch in den Ausgangspunkten für Innovationen zeigen sich deutliche Verschiebungen. Folgt man den Analysen von *Waymouth* [9], so erfolgte bis in die 60er Jahre hinein die Entwicklung der Lichtquellen mit einer sprunghaften Erhöhung der Lichtausbeute etwa alle 15 bis 20 Jahre durch Nutzung neuer Wirkprinzipien. Diese periodische Erschließung neuer Wirkprinzipien betraf z. B.

- 1875 bis 1886 Kohlefadenlampe, geschlossene Bogenlampe, Parallelschaltung,
- 1897 bis 1913 Moore-Licht, Nernst-Lampe, W-Draht-Lampe, Neonröhre, gasgefüllte Glühlampe,
- 1930 bis 1938 Hg-Hochdrucklampe, Leuchtröhre, Leuchtstofflampe, Doppelwendel-Glühlampe, Na-Niederdrucklampe,
- 1955 bis 1965 Elektrolumineszenzlampe, Halogen-Glühlampe, Halogen-Metalldampflampe, Na-Hochdrucklampe.

Der für die 80er Jahre danach zu erwartende Qualitätssprung blieb jedoch aus. Stattdessen kann man Bemühungen um deutliche Schritte, aber mit ebenso deutlich verringertem Schrittmaß feststellen, die auf der Modifizierung vorhandener Lichtquellen und Technologien beruhten. Ein Beispiel in dieser Richtung mit großem Gewicht sind die kompakten Leuchtstofflampen, die man als bedeutendste Innovation bei Lichtquellen in den 80er Jahren betrachten kann, die aber primär nicht auf einem neuentdeckten Wirkprinzip beruhten. In Kombination mit elektronischen Betriebsgeräten und als Substitut für die wenig effektive Glühlampe wird hier jedoch ein Schritt in der Effizienz deutlich, wie er zuvor praktisch nur mit neuen Wirkprinzipien verknüpft war. Hier wird offenbar ein Rahmen der bisherigen Betrachtungsweise gesprengt. Während bis in die 60er Jahre Effizienzsprünge mit Lichtausbeutesprüngen durch neue physikalische Wirkprinzipien stark verknüpft waren, darf man gegenwärtig die Bindung dieser drei Kategorien der ökonomischen Effizienz, der Lichtausbeute und des physikalischen Wirkprinzips nicht mehr als zwingend betrachten. Entscheidend ist der Fortschritt der ökonomischen Effizienz durch breite Wirkung, und dafür werden die verschiedenen herangereiften technischen und naturwissenschaftlichen Effekte eingesetzt. Auf diese Weise werden deutliche Schritte auch mittels bekannter Effekte in der Kombination möglich. Ein von der Wirkung gar nicht zu unterschätzender Effekt liegt auch in den Möglichkeiten der modernen Informationsverarbeitung, die bisher getrennte Spezialgebiete in bisher unbekanntem Maße einander zu nähern vermag. Wie beispielsweise Eigenschaften und Konstruktionen von Lichtquelle und Leuchte für eine bestimmte Anwendung wechselseitig optimiert werden können, hat *Koedam* [6] am Beispiel der Sportstättenbeleuchtung deutlich gemacht. Die Lichtausbeutesprünge neuer Wirkprinzipien finden sich auch nicht in gleicher Weise als Diskontinuitäten in der Effizienz-Entwicklung der Beleuchtung wieder. Das zeigte bereits früher ein Vergleich der sprunghaften Entwicklung der jeweils maximal erreichten Lichtausbeutewerte mit dem kontinuierlichen Anstieg der Gesamt-Lichtausbeute, wie sie für die Beleuchtung wirksam ist [10]. So stellt sich die Frage nach den Quellen des Fortschritts bei Lichtquellen immer wieder neu. Entscheidender Maßstab sind die Lichtkosten, die auch bei verwirrenden ökonomischen Einzeltendenzen wie inflationären Entwicklungen eine tatsächlich kontinuierlich sinkende Tendenz zeigen [11]. Unter diesem Gesichtswinkel überrascht nicht die ungebrochene Dynamik der Beleuchtung und ihrer Mittel und Wege.

Tafel 1. Verkleinerung des Lichtquellen-Volumens, gemessen am Designfaktor lm/cm³[5]

Lichtquelle	Designfaktor lm/cm³ um 1970	um 1990
Leuchtstofflampen	1,8	
Kompakte Leuchtstofflampen		20
Allgebrauchsglühlampe	11	
Halogen-Glühlampe		1900
Quecksilber-Hochdrucklampe	11	
Natrium-Hochdrucklampe (Soffitte)		200
Halogen-Metalldampflampe (Röhre)		410
Halogen-Metalldampflampe 35 W für Kfz-Scheinwerfer		4300

Literatur

[1] *Müller, St.; Wolff, J.:* Einführung kompakter Leuchtstofflampen. ELEKTRIE, Berlin 43 (1989) 1, S. 5–8
[2] *Dvořaček, V.; Švehla, J.:* The development trends of general lighting parameters up to the year 2000. Report of the CIE – TC 7–03, 1988
[3] *Hohmeyer, O.:* Social costs of energy consumption. Berlin/New York: Springer 1988
[4] *Beaucamp, A.:* Energiesparen in den USA – ein Beispiel für uns? Technische Rundschau, Bern (1988) 8, S. 36–47
[5] *Franck, G.:* Licht für die 90er Jahre, Licht 41 (1989) 11/12, S. 745–747
[6] *Koedam, M.:* Developing Lamps for Lighting Systems. 5th International Symposium on the Science & Technology of Light Sources. York–England, 10. bis 14. September 1989
[7] *Günther, K.; Kloss, H.-G.; Lehmann, T.; Radtke, R.; Serick, F.:* Natrium-Hochdrucklampen mit einer Farbtemperatur von 3000 K. ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 328–331
[8] GE Lighting, White Lucalox (White high pressure sodium with amalgam reservoir) 95 W, Exponat auf der Hannover Messe Industrie, Mai 1990
[9] *Waymouth, J. F.:* Where will the next generation of lamps come from? 5th International Symposium on the Science & Technology of Light Sources. York–England, 10. bis 14. September 1989
[10] *Wolff, J.:* Zur Breitenwirkung der Lichtausbeute-Erhöhungen von Lichtquellen, ELEKTRIE, Berlin 41 (1987) 1, S. 4–6
[11] *McNeill, G. V.:* Lighting economic development, CIE-Journal 4 (1985) 2, S. 49 bis 57

EA 6163

ELECTRO / SCHOEMBS / ELECTRONIC
QUALITÄTSSICHERUNG
Wallerweg 7 84 11 Laub
Telefon (09402) 8132 Fax (09402) 6057

OBJEKTERKENNUNGSSYSTEM
OES - CCD

MERKMALE
Leistungsfähige kameragestützte Objekterkennung für Sortierung, Qualitätsüberwachung und Fertigungskontrolle

Keine zusätzliche Programmentwicklung durch Grafikbildschirm

Bis zu acht unabhängige Kameras an einem Bildverarbeitungsrechner, dadurch extrem preisgünstig

Optional mit Transputer T 800 dadurch sehr schnelle Verarbeitungsgeschwindigkeit

Durch Verwendung von Segment-Farbfiltern ist eine Farberkennung möglich

ANWENDUNGEN
Qualitätssicherung / Sortieranlagen / Verpackungskontrolle / Füllstandsüberwachung / Überwachen von Maßtoleranzen / Palletierer/ Förderanlagen / Handlingautomaten

WIR LIEFERN AUSSERDEM:
Low Cost-Objekterkennungssysteme OES-LT mit Lichttastern

Ihr Ansprechpartner in der DDR:
(Postanschrift)
Ing. Büro Elektrogeräte Chemnitz
Geschäftsbereich Radiotechnik
Markt 5
9010 Chemnitz
Ruf: 44 156

Natrium-Hochdrucklampen mit einer Farbtemperatur von 3000 K

K. Günther; H. G. Kloss; T. Lehmann; R. Radtke; F. Serick; Berlin

Natrium-Hochdrucklampen nutzen für die Lichterzeugung eine Bogenentladung in einer Mischung aus Natrium- und Quecksilberdampf bei einem Gesamtbrenndruck von etwa 100 kPa. Ihre Strahlungsemission wird durch die beiden gelben Resonanzlinien des Natriums bestimmt, die in erheblichem Maße verbreitert sind. Ihre Wellenlänge liegt im Spektrum nahe dem Maximum der Augenempfindlichkeit, woraus eine hohe Lichtausbeute resultiert, die in Abhängigkeit von der Lampenleistung bis zu 140 lm/W betragen kann [1]. Weitere Vorzüge dieser Lampen sind ihre Robustheit, ihre hohe Lebensdauer und ihre einfache Herstellbarkeit (siehe auch Titelbild).

Die Farbtemperatur der Standard-Natriumlampen erreicht jedoch kaum mehr als 2000 K und ihre Farbwiedergabe ist schlecht (R_a = 20), vorzugsweise aufgrund des erheblichen Strahlungsdefizits im kurzwelligen Bereich des sichtbaren Spektrums (Grün/Blau/Violett). Sie konnten sich deshalb nur in solchen Einsatzgebieten durchsetzen, in denen es vor allem auf eine hohe Effektivität aber weniger auf eine natürliche Wiedergabe der Körperfarben und auf ein gutes Farbunterscheidungsvermögen ankommt (z. B. in der Straßenbeleuchtung). Besonders der große Bereich der Innenraumbeleuchtung blieb ihnen dadurch verschlossen.

Es hat in der Vergangenheit nicht an Versuchen gefehlt, die Farbeigenschaften der Natrium-Hochdrucklampen zu verbessern. So läßt sich der allgemeine Farbwiedergabeindex von seinem üblichen Wert 20 auf über 80 anheben, wenn man den Lichtbogen bei erhöhtem Natrium-Druck betreibt [2]. Gleichzeitig steigt die Farbtemperatur an. Dem sind jedoch aus technischen Gründen Grenzen bei etwa 2500 K gesetzt, womit sich das Farbunterscheidungsvermögen im blauen Spektralgebiet trotz des höheren Farbwiedergabeindexes nur mäßig verbessert. Die damit verbundene höhere Belastung des Brenners und die wesentlich stärkere Verbreiterung der Resonanzlinie vor allem auf ihrer roten Seite führen allerdings bei diesem Verfahren zu erheblichen Einbußen bei der Lichtausbeute der Lampen und bei ihrer Lebensdauer. Weiterhin wurden Versuche unternommen, die Farbeigenschaften von Natrium-Hochdrucklampen durch eine impulsförmige Energieeinspeisung anstelle der konventionellen Sinusform zu verbessern [3] bis [6]. Tatsächlich ließ sich durch diese Betriebsart die Farbtemperatur bis auf hohe Werte im Bereich von 3000 K steigern. Dieser Erfolg war aber auch hier mit einem erheblichen Lichtausbeuteverlust verbunden.

Bei kritischer Sichtung dieser Ergebnisse gewannen wir jedoch den Eindruck, daß der Impulsbetrieb von Natrium-Hochdrucklampen nicht notwendigerweise zu einem solchen Rückgang der Lichtausbeute führen müsse: Erreicht doch das Entladungsplasma während der Impulse eine höhere Temperatur als im Sinusbetrieb, und es ist bekannt, daß im allgemeinen die Strahlungsausbeute einer Bogenentladung mit steigender Temperatur anwächst. Aus diesem Grund wurden von uns systematische Untersuchungen an gepul-

Prof. Dr. sc. nat. *Klaus Günther* ist Leiter der Hauptabteilung Forschung und Vorentwicklung, Dr. rer. nat. *Hans-Georg Kloss* ist Leiter der Abteilung Hochdrucklampen, Dipl.-Phys. *Teja Lehmann* ist Mitarbeiter in der Abteilung Hochdrucklampen im NARVA Berliner Glühlampenwerk GmbH. Dr. rer. nat. *Rainer Radtke* ist Leiter der Abteilung Dichte Plasmen, Dipl.-Phys. *Felix Serick* ist Mitarbeiter in der Abteilung Dichte Plasmen im Zentralinstitut für Elektronenphysik der Akademie der Wissenschaften der DDR.

sten Natriumbögen durchgeführt, um bessere Impulsparameter aufzufinden und darüber hinaus zu einer komplexen Optimierung impulsbetriebener Natrium-Hochdrucklampen zu kommen.

1. Experimente

1.1. Versuchsbrenner

Bei den Versuchen wurde die gleiche Art von Brennern benutzt, wie sie für den kommerziellen Lampentyp NA 70 Verwendung finden. Sie bestanden aus polykristallinem Aluminiumoxid, hatten einen Innendurchmesser von 3,5 mm, Endkappen aus Niob und Wolfram-Elektroden mit einem Abstand von 35 mm. Für unsere Versuche enthielten sie Argon als Zündgas und wurden wie die kommerziellen Lampen in einem evakuierten Außenkolben betrieben.

Die Versuchsbrenner wurden mit Natrium-Amalgamen gefüllt, deren Zusammensetzung (Molenbruch x_{Na}) zwischen 50 und 100 Atom-% Natrium variiert wurde, um im Betrieb unterschiedliche Natrium- und Quecksilber-Partialdrücke zu realisieren.

Andere Autoren erhielten ihre Resultate an gepulsten Standard-Lampen ohne Änderung der üblichen Amalgamzusammensetzung ($x_{Na} = 0{,}7$). Um die gewünschten Verbesserungen der Farbeigenschaften ohne allzugroße Lichtausbeuteeinbußen zu erreichen, ist es jedoch notwendig, nicht nur die Impulsparameter, sondern auch die Plasmazusammensetzung zu optimieren. Es kann nämlich nicht erwartet werden, daß eine für den 50-Hz-Betrieb ausgelegte Natrium-Hochdrucklampe auch für den Impulsbetrieb optimale Voraussetzungen bietet. Wir betrachten deshalb neben den Impulsgrößen (Impulslänge und Impulsstrom bzw. -energie) auch die Partialdrücke von Natrium und Quecksilber als wesentliche Einflußgrößen zur Optimierung von Lichtausbeute und Spektralverteilung im Impulsbetrieb.

1.2. Lampenbetrieb

Bei den Messungen an den Versuchslampen kamen unterschiedliche Stromversorgungseinrichtungen zum Einsatz. Um die prinzipiellen Zusammenhänge darzulegen, soll hier auch auf einige ältere Untersuchungen zurückgegriffen werden.

Zu Beginn untersuchten wir die Abhängigkeit der lichttechnischen Eigenschaften der Lampen von der Impulsenergie. Dazu verwendeten wir einzelne, annähernd rechteckförmige Hochstromimpulse von etwa 1 ms Dauer, die in bereits durch stationären Betrieb vorgeheizte Lampen eingespeist wurden. Auf diese Weise konnte der Einfluß der Partialdrücke unabhängig von den Wirkungen der Impulsparameter studiert werden. Die Impulse wurden durch ein *L-C*-Netzwerk geformt. Ihre Stromstärke konnte zwischen 5 und 200 A gewählt werden, entsprechend Momentanleistungen zwischen 0,5 und 20 kW. Die Strahlungsmessungen wurden nach Erreichung eines quasistationären Zustandes, etwa 0,4 ms nach Impulsbeginn, durchgeführt.

Obgleich die Einzelimpulsmethode wertvolle Resultate für die Auswahl optimaler Betriebsparameter während des Impulses erbrachte, waren zusätzliche Informationen über das Verhalten der gepulsten Versuchslampen unter Einschluß der Anklingphase zu Beginn des Impulses und der Abklingphase nach dessen Ende einzuholen. Um diese Bedingungen zu simulieren, wurde die Stromversorgung durch ein zweites *L-C*-Netzwerk ergänzt, so daß die Lampen mit Doppelimpulsen bei unterschiedlichem Zeitabstand zwischen den einzelnen Impulsen betrieben werden konnten. Um die Entladung zwischen diesen Impulsen aufrecht zu erhalten und eine sichere Zündung des zweiten Impulses zu gewährleisten, wurde während dieser Zeit ein geringer Gleichstrom (Haltestrom) eingespeist. Die lichttechnischen Messungen bei dieser Betriebsart wurden sowohl zeitaufgelöst (während der Impulsphase und während der Haltephase zwischen den Impulsen) als auch zeitintegriert über den gesamten zweiten Impuls einschließlich seiner An- und Abklingphase durchgeführt.

Schließlich wurden die Versuchslampen noch im repetierenden Impulsbetrieb bei Wiederholfrequenzen im Bereich einiger Hundert Hz untersucht. In Anlehnung an [4] wurde eine Brückenschaltung aus GTO-Thyristoren aufgebaut, mit deren Hilfe rechteckförmige Stromimpulse mit abwechselnder Polarität in die Lampen eingespeist werden konnten. Zwischen den Impulsen wurde die Entladung durch einen Haltestrom von 100...200 mA aufrecht erhalten. Diese Schaltung erlaubte, Impulsströme bis zu 30 A bei Impulszeiten bis zu 100 µs zu erzeugen.

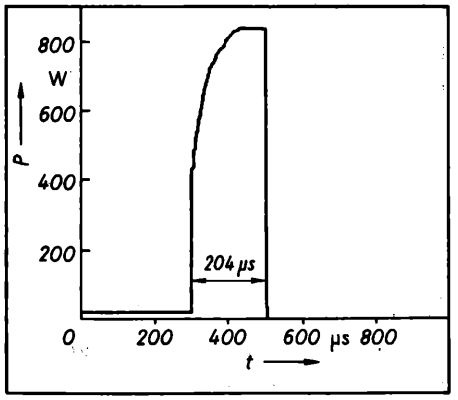


Bild 1. Zeitlicher Verlauf der Lampenleistung *P* im repetierenden Impulsbetrieb bei einer mittleren Leistung von 70 W und einer Wiederholfrequenz von 350 Hz

1.3. Elektrische und optische Messungen

Die Lichtemission der gepulsten Natrium-Hochdrucklampen wurde in einer optischen Anordnung vermessen, die einen V_λ-Multiplier zur Erfassung des Lichtstromes, einen optischen Vielkanalanalysator (OMA) zur Gewinnung zeitaufgelöster Spektren und verschiedene geeichte Standardlampen zur Kalibrierung von Intensität und Wellenlänge enthielt.

Grundsätzlich wurde dabei die Strahlung der ganzen Lampe erfaßt, die senkrecht zu ihrer Achse in einen kleinen Raumwinkel ausgesandt wurde. Zur Messung der Lichtausbeute einer Versuchslampe wurde die gleiche Messung mit einer Standard-Natriumlampe gleicher Abmessungen, gleicher Leistung und bekannter Ausbeute wiederholt. Die gesuchte Lichtausbeute ergibt sich dann aus dem Verhältnis der gemessenen Lichtstärken beider Lampen. Aus der spektralen Energieverteilung wurden Farbort, Farbtemperatur und die Farbwiedergabeindizes berechnet.

Die Zeitverläufe von Strom und Spannung wurden mit einem Mehrkanal-Transientenrecorder (ADAM TC 2010) bei einer Zeitauflösung von 0,5 µs gemessen, wobei der große Werteumfang der Stromstärken die Nutzung zweier Kanäle mit unterschiedlicher Empfindlichkeit erforderlich machte. Impuls- und Haltestrom wurden getrennt mit Hilfe eines induktionsarmen Shunts bzw. einer Stromzange (Tektronix 6303) erfaßt, die Spannung über einen kapazitiv kompensierten Spannungsteiler. Die während der Impuls- bzw. Haltephase der Lampe zugeführten mittleren Leistungen ergaben sich aus der Multiplikation von Strom mal Spannung mit nachfolgender Integration über das jeweilige Zeitintervall, multipliziert mit der Wiederholfrequenz der Impulse. Bild 1 gibt ein Beispiel für den zeitlichen Verlauf der von der Lampe aufgenommenen Momentanleistung während eines Ausschnittes aus dem repetierenden Impulsbetrieb.

2. Ergebnisse

2.1. Untersuchungen mit Einzelimpulsen

Um einen Eindruck von den Veränderungen zu vermitteln, die im Spektrum der Lampen bei hohen Stromstärken eintreten, ist im Bild 2 die Strahlungsemission einer Versuchslampe mit einer Amalgamzusammensetzung $x_{Na} = 0{,}9$ während eines Einzelimpulses von 5 kW Leistung nach Vorheizung der Lampe mit 70 W dargestellt. Das Spektrum zeigt neben dem breiten Na-Resonanzlinienprofil bei 590 nm eine Reihe weiterer Na- und Hg-Linien sowie ein besonders im kurzwelligen Teil des sichtbaren Spektralbereiches ausgeprägtes Kontinum. Das führt mit wachsender Impulsleistung zu einer wesentlichen Anhebung der Farbtemperatur des emittierten Lichtes, z. B. von 2700 K bei 0,5 kW bis auf 5000 K bei 20 kW.

Die Farbwiedergabeindizes weisen mit wachsender Impulsleistung und mit zunehmendem Natriumgehalt des Amalgams eine leicht

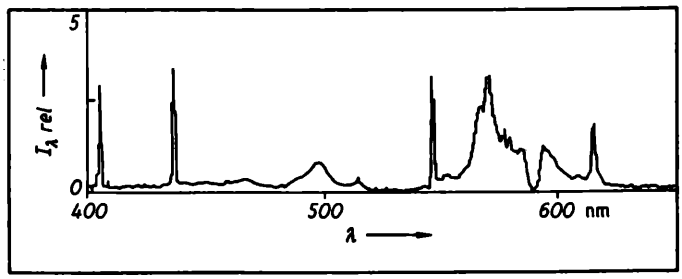


Bild 2. Lampenspektrum während eines 5 kW-Einzelimpulses nach Vorheizung mit 70 W und bei einer Amalgamzusammensetzung von $x_{Na} = 0{,}9$

steigende Tendenz auf. Um jedoch den allgemeinen Farbwiedergabeindex entscheidend anzuheben, muß insbesondere der Natriumdruck im Brenner erhöht werden. Damit lassen sich dann Werte für R_a bis über 80 realisieren.

Die momentane Lichtausbeute während des Impulses nach Einstellung nahezu stationärer Verhältnisse in der Entladung erreicht mit 100 lm/W und mehr Werte, die erheblich über denen einer stationär betriebenen Natrium-Hochdrucklampe liegen (etwa 85 lm/W bei 70 W). Bei sehr hohen Impulsleistungen geht die Lichtausbeute dann allerdings wieder zurück, z. B. bis auf 50 lm/W bei 20 kW. Dieses Verhalten erklärt sich durch die mit wachsender Plasmatemperatur zunehmende Verringerung der Natriumstrahlung zugunsten der weniger effektiven Strahlung des Quecksilbers [7].

2.2. Doppelimpulsmethode

Mit der Doppelimpulsmethode wurde in einem weiteren Experiment versucht, optimale Verhältnisse auch für den Betrieb der Lampen in der Zeit zwischen den Impulsen zu finden. Es zeigte sich, daß die Relaxationsprozesse in der Entladung nach Ende eines Impulses mit wachsender Zeit und höherem Natriumgehalt des Amalgams zu zunehmenden Problemen bei der Zündung des nachfolgenden Impulses führen. Wir entschieden uns deshalb dafür, die Entladung zwischen den Impulsen durch einen kleinen Haltestrom aufrecht zu erhalten.

Integriert man nun die elektrischen und die photometrischen Meßdaten über die gesamte Länge des Impulses unter Einschluß der wenig effektiven An- und Abklingphase, so ergeben sich Lichtausbeuten, die natürlich unter den Maximalwerten im Impuls liegen. Diese Gesamtimpuls-Ausbeuten steigen mit zunehmendem Haltestrom zwar leicht an, im Interesse einer hohen Lichtausbeute für Impuls- und Haltephase zusammen ist jedoch ein möglichst geringer Haltestrom anzustreben.

2.3. Repetierender Impulsbetrieb

Vorversuche mit repetierendem Impulsbetrieb zeigten, daß es günstig ist, die Impulslänge hinreichend groß zu wählen, um die Einstellung eines stationären Plasmazustandes im Impuls zu erreichen. Das würde jedoch zu unvertretbar niedrigen Impuls-Wiederholfrequenzen führen, deren untere Grenze mit Rücksicht auf die Flimmerverschmelzungsfrequenz des menschlichen Auges bei etwa 200 Hz liegt [8]. Um diese einander widersprechenden Forderungen zu erfüllen, wählten wir als Kompromiß eine konstante Impulslänge von 200 µs, womit sich Tastverhältnisse (Impulslänge mal Wiederholfrequenz) bis herab zu 0,04 realisieren lassen. Um eine sichere Durchzündung der Impulse zu gewährleisten, erwies sich eine in die Haltephase investierte Leistung in Höhe von 20 % der Gesamtleistung als ausreichend.

Nach diesen Festlegungen blieb noch die Aufgabe, die als wichtigste Einflußgrößen auf die lichttechnischen Eigenschaften gepulster Natrium-Hochdrucklampen erkannten Parameter Impulsstromstärke sowie Amalgamzusammensetzung und Totraumtemperatur als Einstellparameter für die Partialdrücke in ihren miteinander verkoppelten Wirkungen systematisch zu untersuchen, um zu einer komplexen Optimierung des Systems Lampe/Betriebsart zu kommen. Dazu wurde ein mehrdimensionales Regressionsverfahren entwickelt.

Mit seiner Hilfe und auf der Grundlage einer größeren Zahl von Einzelmessungen an einer Reihe unterschiedlich gefüllter Versuchslampen wurden für jede der lichttechnischen Größen (Lichtausbeute, Farbtemperatur und allgemeiner Farbwiedergabeindex) die Zusammenhänge mit den obengenannten Einflußgrößen analytisch erfaßt. Unter Berücksichtigung der Streuung der Einzelwerte und der von den Messungen überstrichenen Wertebereiche erwiesen sich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Einzelimpuls- und der Doppelimpulsmethode die folgenden Aussagen als signifikant:

Die Farbtemperatur steigt mit der Impulsstromstärke steil an, und zwar im Mittel um 30 k/A. Farbtemperaturen von 3000 K und mehr lassen sich realisieren. Die Lichtausbeute zeigt eine geringe Abhängigkeit von der Amalgamzusammensetzung, Impulsstromstärke und Totraumtemperatur im Bereich von 65...75 lm/W. Insbesondere ist es möglich, reines Natrium als Lampenfüllung zu benutzen. Das heißt, derartige Lampen können ohne Quecksilber betrieben werden – ein großer Vorteil sowohl hinsichtlich der Umweltbelastung als auch in Hinblick auf die Herstellungstechnologie und die Langzeitstabilität der Farbparameter der Lampen. Der allgemeine Farbwiedergabeindex liegt zunächst nur im Bereich R_a = 40...45. Er läßt sich jedoch durch Erhöhung der Totraumtemperatur kräftig bis auf Werte über 70 (Farbwiedergabestufe 2A) anheben.

Tafel 1. WIRKPRINZIP
gepulster Natrium-Hochdrucklampen

- Energieeinsparung durch kurze leistungsstarke Stromimpulse bei hoher Folgefrequenz (über 200 Hz) aus einem speziellen elektronischen Betriebsgerät
- Realisierung hoher Momentanleistungen während der Impulse (im kW-Bereich) trotz niedriger mittlerer Leistung (70 W) und entsprechend geringer thermischer Brennerbelastung
- Durch zeitweilig gesteigerte Plasmatemperatur und Elektronendichte verbesserte Anregung der kurzwelligen Spektrallinien und der kontinuierlichen Strahlungsemission
- In Verbindung mit angepaßter Amalgamzusammensetzung und Totraumtemperatur wesentliche Verbesserung der Farbeigenschaften ohne großen Lichtausbeuteverlust

Bild 3. Spektrum und lichttechnische Daten (Tafel 3) einer gepulsten Natrium-Hochdrucklampe, optimiert für $t_F = 3000$ K und $R_a = 70$

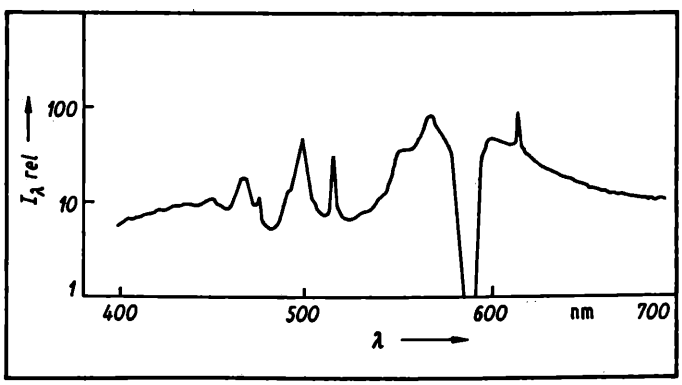
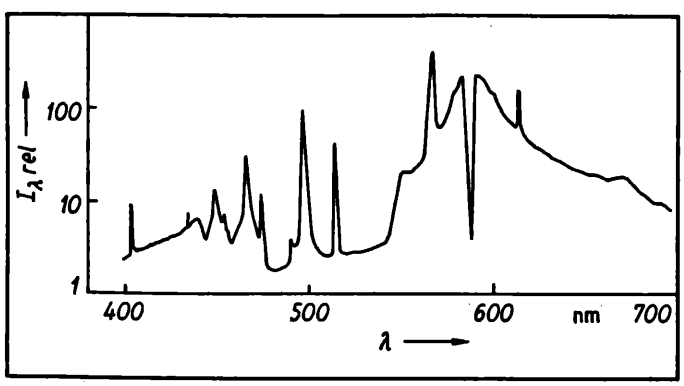


Bild 4. Spektrum und lichttechnische Daten (Tafel 4) einer Standard-Natrium-Hochdrucklampe im konventionellen Betrieb mit Vorschaltdrossel



Tafel 2: VORZÜGE UND VARIATIONSBREITEN gepulster Natrium-Hochdrucklampen

- Farbtemperatur 2500...3000 K in einer Lampe realisierbar, einstellbar durch das elektronische Betriebsgerät
- Kompatibilität mit Halogen- bzw. Allgebrauchsglühlampen
- Hohe Farbortstabilität, geringe Empfindlichkeit gegenüber Fertigungstoleranzen und Alterung
- Beliebige Brennstellung
- Gute Farbwiedergabe (R_a = 40...80 einstellbar), in Verbindung mit der hohen Farbtemperatur gutes Farbunterscheidungsvermögen im Blau
- Hohe Lichtausbeute
  - 75 lm/W bei R_a = 40 (das 5fache von Glühlampen)
  - 66 lm/W bei R_a = 70 (das 4fache von Glühlampen)

  bei einer Leistungsstufe von 70 W und einer Farbtemperatur von 3000 K
- Durch kleine Brennermaße gute Lichtbündelung möglich
- Wenig UV-Licht
- Kurze Anlaufzeit (90% Lichtstrom nach 1 min)
- Unempfindlichkeit gegenüber Natriumverlusten führt zu hohen Lebensdauern
- Umweltverträglichkeit, da quecksilberarm bzw. quecksilberfrei herstellbar

Tafel 3: Lichttechnische Daten zu Bild 3

Leistungsaufnahme	Lampe	70 W
	Lampe + eVG	82 W
Farbtemperatur		3000 K
Farbort	x	0.438
	y	0.408
Farbwiedergabeindizes	R_1 63	R_5 63
	R_2 81	R_6 73
	R_3 91	R_7 82
	R_4 57	R_8 50
	allg. Farbwiedergabeindex R_a 70	
	R_9 –12	R_{12} 63
	R_{10} 61	R_{13} 62
	R_{11} 39	R_{14} 94
Lichtstrom (nach 100 h)		4600 lm
Lichtausbeute	Lampe	66 lm/W
	Lampe + eVG	56 lm/W
Anlaufzeit (90% Lichtstrom)		1 min

Tafel 4: Lichttechnische Daten zu Bild 4

Leistungsaufnahme	Lampe	70 W
	Lampe + Drossel	83 W
Farbtemperatur		2000 K
Farbort	x	0.533
	y	0.415
Farbwiedergabeindizes	R_1 11	R_5 7
	R_2 65	R_6 53
	R_3 51	R_7 34
	R_4 –11	R_8 –50
	allg. Farbwiedergabeindex R_a 20	
	R_9 –211	R_{12} 26
	R_{10} 46	R_{13} 18
	R_{11} –38	R_{14} 67
Lichtstrom (nach 100 h)		6000 lm
Lichtausbeute	Lampe	86 lm/W
	Lampe + Drossel	72 lm/W
Anlaufzeit (80% Lichtstrom)		4 min

Tafel 5. EINSATZGEBIETE gepulster Natrium-Hochdrucklampen

- Strahler für Display- und Akzentbeleuchtung (Verkaufsräume, Schaufenster, Vitrinen, Theater, Hotels)
- Downlights für Objektausleuchtung (Messen und Ausstellungen Ausleuchtung von Kirchen und historischen Gebäuden)
- Leuchten zur Indirektbeleuchtung z. B. für blendfreie Arbeitsplätze
- Leuchten für die Außenbeleuchtung mit guter Farbwiedergabe und glühlampenähnlicher Lichtatmosphäre (z. B. Fußgängerzonen, intime Altstadtstraßen)

3. Anwendungen

Auf der Grundlage der untersuchten Zusammenhänge ist es möglich, gepulste Natrium-Hochdrucklampen für eine Farbtemperatur von 3000 K in verschiedenen Varianten zu entwickeln. In der Tafel 1 ist das Wirkprinzip dieser Betriebsart noch einmal kurz zusammengestellt. Die Tafel 2 weist zusammenfassend auf die Vorzüge derartiger Lichtquellen hin und zeigt die möglichen Variationsbreiten der realisierbaren lichttechnischen Parameter. Optimiert man innerhalt dieses Bereiches z. B. eine 70 W-Lampe auf die Erreichung einer maximalen Lichtausbeute, so erhält man 75 lm/W und einen allgemeinen Farbwiedergabeindex R_a = 40. Mit einer anderen Variante erreicht man R_a = 70 bei einer Lichtausbeute von 66 lm/W.

In den Bildern 3 und 4 sind Spektren und lichttechnische Daten einer gepulsten Natrium-Hochdrucklampe mit T_F = 3000 K und R_a = 70 den entsprechenden Eigenschaften einer konventionell betriebenen Standard-Natrium-Hochdrucklampe gegenübergestellt. Auf dem Titelbild dieser Zeitschrift wird versucht, den Eindruck der Beleuchtung durch die verschiedenen Lichtarten dieser beiden Lichtquellen anschaulich zu demonstrieren.

Eine Auswahl möglicher Einsatzgebiete für gepulste Natrium-Hochdrucklampen ist in der Tafel 5 aufgeführt.

Literatur

[1] *de Groot, J. J.; van Vliet, J. A. J. M.:* The High-Pressure Sodium Lamp. Philips Techn. Library. Deventer: Kluver Techn. Boeken B.V., 1986.

[2] *Ogata, Y.; Saito, N.:* A New 50 W Super High Pressure Sodium Lamp Arc Tube Design and Energy Balance. J. Illum. Engn. Soc., 17 (1988) 2, S. 105–117

[3] US; PS 4 137 484; Int. Cl. H 05 B 27/02. Color Improvement of High Pressure Sodium Vapor Lamps by Pulsed Operation. Osteen, M. M., 13. 6. 1977

[4] *Brates, N.; Wyner, E. F.:* Pulsed Operation of a High Pressure Sodium Lamp. J. Illum. Engn. Soc., 16 (1987), S. 50–66

[5] *Johnson, P. D.; Rautenberg, T. H.:* Spectral Change Mechanism in the Pulsed High Pressure Sodium Arc. J. Appl. Phys. 50 (1979), S. 3207–3211

[6] *Dakin, J. T.; Rautenberg, T. H.:* Frequency Dependence of the Pulsed High Pressure Sodium Arc Spectrum. J. Appl. Phys. 56 (1984), S. 118–124

[7] *Günther, K.; Kloss, H. G.; Lehmann, T.; Radtke, R.; Serick, F.:* Pulsed Operation of High-Pressure-Sodium Discharge Lamps. Contr. Plasmaphysics (im Druck)

[8] *Grind, W. A. van de; Gruesser, O.-J.; Lunkenheimer, H. U.:* Temporal Transfer Properties of the Afferent Visual Systems. Psychophysical, Neurophysical and Theoretical Investigations. In: Handbook of Sensual Physiology Bd. VII/3. Berlin: Springer, 1973, S. 431–573

EA 6164

Power Conversion and Intelligent Motion

Vom 25. bis 28. Juni 1990 fand im Sheraton Hotel zu München die internationale Konferenz und Ausstellung Power Conversion and Intelligent Motion statt. Deutlich wurde der internationale Status bereits durch die aus 14 Ländern angereisten Fachleute und Autoren. Drei breitgehaltene Themenkreise beherrschten die Präsentation und Diskussion:

- neuere Ausführungen elektrischer Maschinen und Antriebe, auf die allesamt die Bezeichnung „bürstenlos" zutrifft
- Konstruktion und Umsetzung elektronischer Schaltungen, was vor allem Umkehrschaltungen betrifft
- Sensoren und Steuerungsstrategien, durch die Anlagen und Verfahren Qualität und Intelligenz vermittelt werden soll.

Weitere Informationen erhalten Sie über:

ZM COMMUNICATIONS GMBH
Kleinreuther Weg 58
D–8500 Nürnberg 10
Telefon: (0911) 36 70 58
Telefax: (0911) 36 45 22

Die Redaktion

NCA 35 – eine neue Generation von Kraftfahrzeugscheinwerferlampen

T. Stöckert, Plauen

1. Warum Entladungslampen für Kfz?

Anfang der 80er Jahre tauchten die ersten Informationen von führenden Lampenherstellern auf, daß man sich mit der Entwicklung einer Hochdruckentladungslampe kleiner Leistung, speziell 35 W, zum Einsatz in Kraftfahrzeugen beschäftigt. Hintergründe dafür waren einerseits die Bestrebungen der Verkehrssicherheitsexperten nach einer besseren Fahrbahnausleuchtung, andererseits der Wunsch der Automobilindustrie nach einer weiteren Senkung des c_w-Wertes der Karosserie. Diese Forderungen ließen sich am besten mit einer Lampe verwirklichen, die bei kleinem Volumen eine hohe Lichtausbeute besitzt.

Der größtmögliche Qualitätssprung hinsichtlich der Fahrbahnausleuchtung konnte beim Abblendlicht nach europäischer Norm, d. h. nach ECE-Reglement, erreicht werden, bei dem zunächst auch das Hauptanwendungsgebiet liegen wird. Nach dem ersten Patent sollte der Lichtstrom 2600 lm betragen; das wären mehr als das $2^1/_2$fache beim H4-Abblendlicht (s. Tafel 1). Selbst bei einer verringerten Scheinwerferhöhe könnte man dann noch mehr Licht bei scharfer Hell-Dunkel-Grenze auf die Straße bringen. Da es sich bei den Kfz-Entladungslampen im speziellen um Halogen-Metalldampflampen handelt, kommt als weiterer Vorteil hinzu, daß ein tageslichtähnliches Licht erzeugt wird, womit eine bessere Farbwidergabe als bei Glühlampen verbunden ist. Durch die geringe Leistungsaufnahme wird die E-Anlage des Fahrzeugs entlastet. Auf Grund der hohen Lebensdauer der Lampe von über 5000 h könnte sich ein Lampenwechsel während der Nutzungsdauer des Kfz erübrigen. Ein gewisser Nachteil der neuen Lampen ist, daß sie als System (Lampe-Vorschalt- und Zündgerät + Transverter-Scheinwerfer) entwickelt werden müssen. Das bedeutet, daß international vollkommen neue Vorschriften für den Einsatz im Straßenverkehr zu erarbeiten sind.

Tafel 1. Vergleich einiger elektrischen und lichttechnischen Daten von R2, H4 und NCA 35 (D1)

	R2	H4	NCA 35 (D1)
Lampenleistung P_L/W	40/45	55/60	35
Lichtstrom Φ/lm	400/600	1000/1650	2600

2. Internationaler Entwicklungsstand

Im Zeitraum 1985 bis 1988 wurden zahlreiche Patente angemeldet, die sowohl einseitig als auch zweiseitig gequetschte Entladungslampen für Kraftfahrzeuge sowie komplette Scheinwerfersysteme beschreiben. Das verdeutlicht die intensive Arbeit auf diesem Gebiet weltweit. Um die vielfältigen Probleme, die mit der Entwicklung des Systems Lampe – Vorschaltgerät – Scheinwerfer verbunden sind, in kürzester Zeit lösen zu können, haben sich die führenden Hersteller in der EG im Rahmen des Eureka-Projektes Nr. 273 „VEDILIS" zusammengeschlossen. Ähnliche Bestrebungen gibt es auch in den USA und Japan. Nachdem bereits verschiedene Veröffentlichungen darauf hindeuteten, daß die zweiseitig gequetschte Variante favorisiert ist, scheint nun kein Zweifel mehr daran zu bestehen, daß diese als D1 bezeichnete Lampe zum Einsatz kommen wird. Die Lampe wird mittels einer Resonanzschaltung gezündet: bei etwa 10 kV mit einer Frequenz, die ein Vielfaches der Betriebsfrequenz beträgt; das soll auch Sofortwiederzündungen im Heißzustand ermöglichen. Die Zündung erfolgt in weniger als 1 s. Durch eine spezielle Anlaufschaltung und Füllung mit Xenon-Überdruck wird erreicht, daß nach 1 s bereits über 50 % des Endlichtstroms von 3000 lm erreicht werden (s. auch Bild 3). Die Betriebsspannung beträgt 85 V bei einer Frequenz von etwa 10 kHz. Das Vorschaltgerät mit Transverter ist vollelektronisch. Der Scheinwerfer besteht aus einer Projektionsoptik mit entweder 4 cm hoher rechteckiger oder runder Streuscheine mit 136 mm Durchmesser. Die VEDILIS-Aktivitäten wurden in 3 Etappen gegliedert:

1. Definitions/Forschungsphase 1988/89
2. Felderprobungsphase 1989/90
3. Abschlußphase 1991/92

Man rechnet mit einer europäischen Regelung 1992 und der Anwendung im Fahrzeug 1993/94.

Die geschätzten Kosten betragen 20 Mio DM.

Noch 1990 sollen PKW mit D1 für die Fahrerprobung ausgerüstet werden. Auf Grund des zu erwartenden hohen Preises war von vornherein klar, daß diese Lampe zunächst nur in PKW der höheren Preisklasse und in LKW eingesetzt wird. Die Entwicklungsarbeiten bei NARVA sind soweit gediehen, daß die unter der Bezeichnung NCA 35 entwickelte Lampe als Labormuster vorliegt, d. h. zunächst das nackte Entladungsgefäß.

Bild 1. NCA 35 (D1)

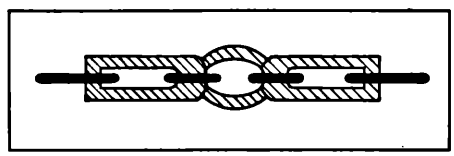
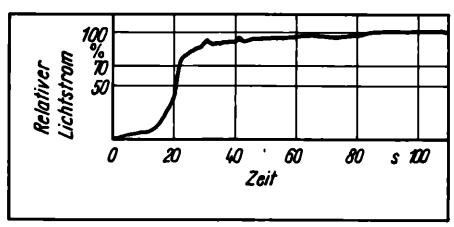


Bild 2. Lichtstrom bei NCA (D1) mit Argon-Füllung



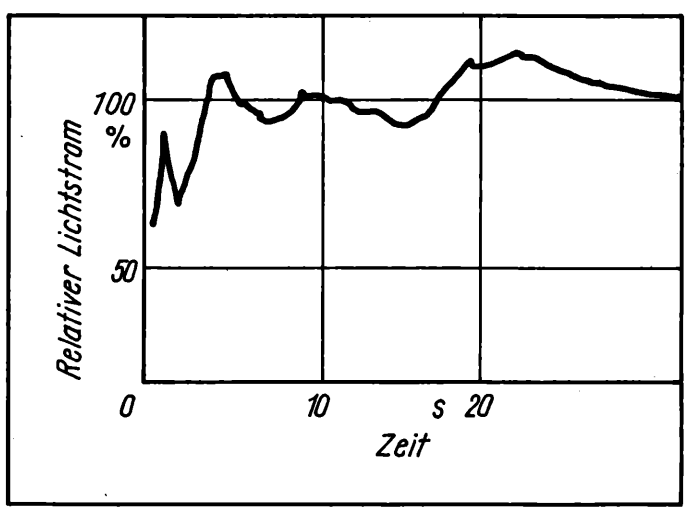


Bild 3. Lichtstrom bei D1 mit Xenon-Überdruck-Füllung (aus: Davenport, Instant Light for Metal Halide Lamps, 1988 Annual Conference, Minneapolis, III. Engg. Soc. NY (1988), 5508-5513

Dr. rer. nat. *Tilo Stöckert*, NARVA Glühlampenwerk Plauen GmbH

3. Kurzcharakteristik der Lampe und Probleme

Bei der NCA 35 handelt es sich um eine Halogen-Metalldampflampe niedriger Leistung (35 W) (s. Bild 1). Die Lampe besteht aus einem ellipsoidförmigen Entladungsraum mit etwa 0,1 cm^3 Volumen, in den von den beiden Quetschungen her Elektroden aus Wolfram dotiert mit Thorium hineinragen. Der Elektrodenabstand beträgt 4,2 mm. Das Hüllenmaterial ist ein spezielles Kieselglas, sogenanntes NC-Kieselglas, das sich vor allem durch einen niedrigen OH-Gehalt und geringe Gasabgabe auszeichnet. Die Wandstärke beträgt 1,25 mm. Diese relativ geringe Dicke erlaubt kurze Aufheiz- und Abkühlzeiten. Die Verbindung zwischen den Elektroden und den Stromzuführungen wird wie bei Kieselglas üblich durch Einschmelzfolien aus Molybdän in der Quetschung gebildet.

Die Füllung besteht aus Xenon als Zündgas, Quecksilber als Puffergas und einem Gemisch aus Metalljodiden als Leuchtzusatz. Bei den Jodiden handelt es sich um Natriumjodid, Thalliumjodid und Indiumjodid. Durch diese Zusätze werden neben dem Quecksilberspektrum weitere Farbanteile erzeugt und die Quecksilberlinien z. T. unterdrückt. Die Farbwidergabe wird dadurch verbessert. Die Farbtemperatur liegt bei etwa 4500 K, d. h., es entsteht nahezu Tageslicht. Der ausgesandte Lichtstrom beträgt ca. 2600 lm im stationären Bereich (s. Bild 2), wobei der Druck im Entladungsraum bis zu 5 MPa beträgt. Die Lampe wird mit Wechselstrom (etwa 85 V, 10 kHz) aus einem entsprechenden Vorschaltgerät betrieben. Bei der Zündung der Lampe werden die Elektroden thermisch stark belastet, zum anderen darf über die Elektroden nicht zuviel Wärme abgeführt werden. Da außerdem der Bogenansatz an der Elektrode nicht wandern darf, erfordert das eine besondere Elektrodenkonfiguration. Die Form des Entladungsgefäßes wurde so gewählt, daß nahezu isotherme Verhältnisse an der Gefäßwand entstehen. Die Innenwandtemperatur muß so hoch sein, daß einerseits alle Komponenten verdampfen, und ein Halogen-Wolfram-Kreisprozeß entsteht, andererseits darf das Hüllmaterial nicht zu stark belastet werden. Der Kreisprozeß sorgt dafür, daß das an der Kolbenwand sich niederschlagende von den Elektroden abgedampfte Wolfram als Wolframoxyjodid zur Elektrode zurückgeführt wird.

Benutzt man Xenon als Zündgas mit Überdruck, so verhält sich die Lampe in der Anlaufphase wie eine Xenon-Höchstdrucklampe, d. h., sie liefert im Gegensatz zur reinen Halogen-Metalldampflampe sofort einen relativ hohen Lichtstrom (s. Bilder 2 und 3). Eine deutliche Verkürzung der Anlaufzeit erfordert eine Erhöhung der zugeführten Leistung auf etwa 100 W.

Es hat sich gezeigt, daß bei höheren Frequenzen der Lampenspannung ein stabiler Lampenbetrieb erreicht werden kann. Allerdings treten frequenzabhängig akustische Resonanzen auf, die abhängig von verschiedenen Parametern, z. B. der Geometrie, nur innerhalb bestimmter Frequenzbereiche verschwinden.

Die Herstellung der Lampe ist relativ kompliziert. Bei sehr kleinen Abmessungen müssen geringe Toleranzen eingehalten werden. Das trifft auch auf die Füllung mit Quecksilber und den Jodiden zu. Ansonsten entstehen zu große Abweichungen in den Betriebsparametern der Lampe. Zum Beispiel muß eine Quecksilbermasse von etwa 1,5 mg mit einer Abweichung höchstens im Prozentbereich in den Entladungsraum durch das verlängerte Kolbenrohr und durch einen vorgeformten Hals des Entladungsgefäßes von etwa 0,5 mm Durchmesser eingebracht werden.

Bei der Be- und Verarbeitung der einzelnen Lampenkomponenten ist auf größtmögliche Reinheit zu achten. Besonders die Behandlung des Jodidgemisches bereitet große Schwierigkeiten, da Metalljodide stark hygroskopisch sind, Wasseranteile aber bereits im vpm-Bereich für den Betrieb der Lampe schädlich sind, weil der Wolfram-Jod-Kreisprozeß beeinträchtigt wird. Die pumprohrlose Herstellung bringt den entscheidenden Vorteil, daß das Licht bei Durchdringen der Gefäßwand nicht durch Unregelmäßigkeiten, wie sie die Abschmelzstelle darstellen würde, zusätzlich gestreut wird. Doch die genaue Positionierung des zweiten Elektrodengestells nach dem Füllen der Lampe bis zum Abschluß des zweiten Quetschvorgangs erfordert eine ausgefeilte Technologie.

EA 6165

Erzeugnissortiment und Entwicklungsstand bei Kompakt-Leuchtstofflampen

S. Krzenziessa; W. Weißer, Berlin

Die Entwicklung der Kompakt-Leuchtstofflampen als eine neue Generation von Entladungslampen rückte erst durch die Einführung des Dreibanden-Leuchtstoffes in ein technisch realisierbares Stadium. Durch die hohe Wandbelastung und die gute UV-Stabilität dieses Leuchtstoffes war es erst möglich, Leuchtstofflampen mit glühlampenähnlichen Abmessungen zu entwickeln. Der entscheidende Durchbruch zu dieser neuen Lampengeneration gelang 1980 mit der Vorstellung der Kompakt-Leuchtstofflampe SL 18 W der Fa. PHILIPS, die mit Schraubsockel, integriertem Starter und induktivem Vorschaltgerät versehen war.

Mit der Typenreihe 9, 13, 18, 25 W wurde eine Alternative zur Glühlampenreihe 40, 60, 75 und 100 W auf den Markt gebracht. Die Vorstellung dieser Kompakt-Leuchtstofflampen mit vierfacher Lichtausbeute, fünffacher Lebensdauer und einer der Glühlampe ähnlichen Farbtemperatur von 2800 K löste bei allen Lampenherstellern verstärkte Aktivitäten aus und führte bereits 1981, nicht zuletzt aus fertigungstechnischen Gründen, zur Entwicklung von Kompaktleuchtstofflampen in Doppelrohrausführung mit 2-Stift-Sockel, integriertem Starter und separatem Vorschaltgerät der Leistungsreihe 5, 7, 9, 11 W (NARVALUX LD; OSRAM Dulux S; PHILIPS PL-S) als Alternative zur Glühlampenreihe 25, 40, 60, 75 W. Die etwa gleichzeitig vorgestellten Ringlampen mit Schraubsockel und integriertem elektronischen Vorschaltgerät sowie die 2D-Lampen mit Stecksockel und integriertem Starter haben bislang keine nennenswerte Weiterentwicklung erfahren.

Ganz im Gegensatz dazu wurde die Kompakt-Leuchtstofflampe in Doppelrohrausführung in weiteren Varianten vorgestellt. Die Leistungsreihe 5, 7, 9, 11 W ist jetzt auch mit 4-Stiftsockel ohne integrierten Starter für elektronische Vorschaltgeräte und Dimmerbetrieb lieferbar.

Zur Verringerung der Bauhöhe wurden auf Basis der Doppelrohrausführung, Kompakt-Leuchtstofflampen mit vier miteinander verbundenen Rohren entwickelt. Sie werden in der Leistungsreihe 10, 13, 18, 26 W mit 2-Stift-Stecksockel und integriertem Starter (OSRAM Dulux D; PHILIPS PL-C...) sowie mit 4-Stift-Stecksokkel (OSRAM Dulux D/E; PHILIPS PL-C...) als Alternative zur Glühlampenreihe 60, 75, 100, 150 W angeboten. Mit Schraubsockel und integriertem elektronischen Vorschaltgerät sind diese Kompakt-Leuchtstofflampen in der Leistungsreihe 7, 11, 15, 20, 23 W (NARVALUX LVE 15, 20 W; OSRAM Dulux EL; PHILIPS PLCE...) als Alternative zur Glühlampenreihe 40, 60, 75, 100, > 100 W im Angebot.

Die Produktionsaufnahme von Kompakt-Leuchtstofflampen mit sechs miteinander verbundenen Rohren zur weiteren Herabsetzung der Bauhöhe war aus fertigungstechnischer und lichttechnischer Sicht absehbar, zumal damit nahezu Glühlampenabmessungen erreicht werden. Diese Lampen werden nur mit Schraubsockel und integriertem elektronischem Vorschaltgerät in der Leistungsreihe 15, 20 bzw. 23 W (OSRAM Dulux EL/N) als Alternative zur Glühlampenreihe 75, 100, > 100 W angeboten.

Auf der Basis der SL-Lampen, der Doppelrohr-, Vierrohr- und

Dipl.-Phys. *Siegfried Krzensiessa* und Dipl.-Ing. *Wolfgang Weißer* sind Entwicklungsingenieure im Direktorat Wissenschaft und Technik der NARVA Berliner Glühlampenwerk GmbH.

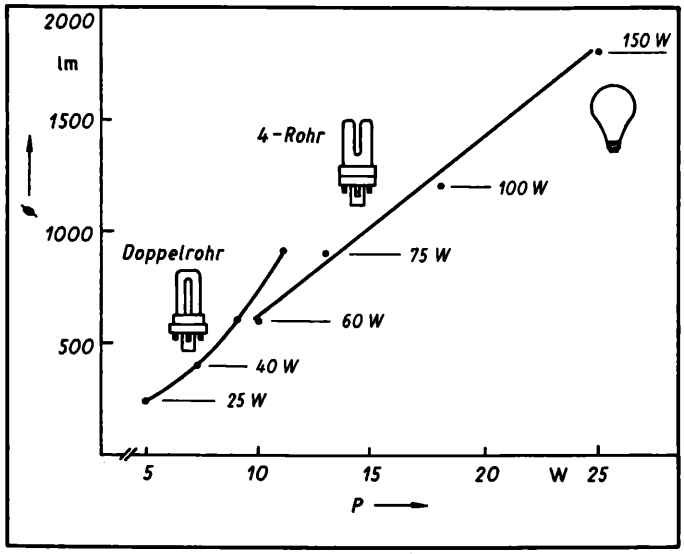


Bild 1. Kompakt-Leuchtstofflampen-Sortiment mit Stecksockel

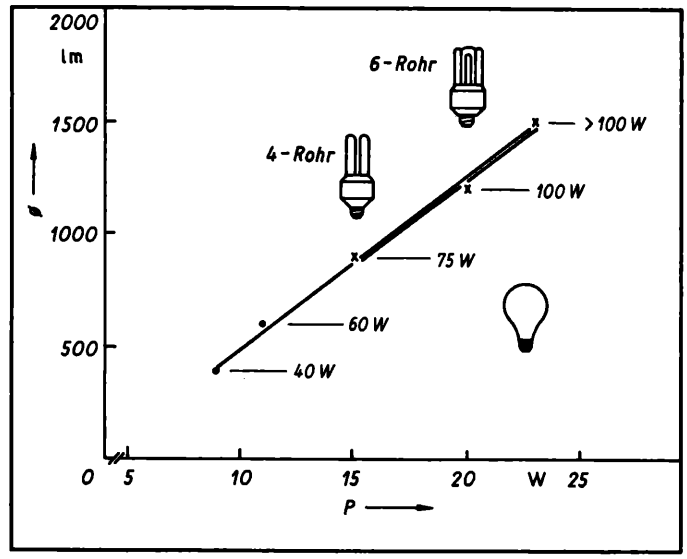


Bild 2. Kompaktleuchtstofflampen-Sortiment mit Schraubsockel

Tafel 1. Klassifizierung der Kompakt-Leuchtstofflampen

1.	**Kompaktlampe mit Schraubsockel**
1.1	Kompaktlampen mit integriertem elektronischen Vorschaltgerät (NARVALUX LVE; OSRAM Dulux EL; Dulux EL/N; PHILIPS PLCE...)
1.2	Kompaktlampen mit integriertem induktivem Vorschaltgerät und Starter (OSRAM Compacta; PHILIPS SL...)
2.	**Kompaktlampen mit Stecksockel**
2.1.	Kompaktlampen mit integriertem Zündelement und 2-Stift-Sockel (NARVALUX LD; OSRAM Dulux S; Dulux D; PHILIPS PL-S, PL-C...)
2.2	Kompaktlampen mit 4-Stift-Sockel (OSRAM Dulux S/E, Dulux D/E; PHILIPS PL, PL-C...)
3.	**Schraubsockeladapter für Kompaktlampen**
3.1.	Schraubsockeladapter mit integriertem induktiven Vorschaltgerät für Kompaktlampen mit 2-Stift-Sockel (SYLVANIA Diamant LXD; TUNGSRAM TUNGSRADAPT...)
3.2.	Schraubsockeladapter mit integriertem elektronischem Vorschaltgerät für Kompaktlampen mit 2-Stift-Sockel (NIGG Arctronic...)
4.	**Sonderformen von Kompakt-Leuchtstofflampen**
4.1.	Globelampen
4.1.1.	Globelampen mit integriertem induktivem Vorschaltgerät und Sockel E27 (PHILIPS SL-Dekor; Lindner ECO Globe-N; TUNGSRAM Globalux-125...)
4.1.2.	Globelampen mit integriertem elektronischen Vorschaltgerät und Sockel E27 (OSRAM Dulux EL GLOBE; PHILIPS SLDE)
4.1.3.	Globelampen mit integriertem Zündelement und 2-Stift-Sockel (Lindner Elroyal, ECOGLOBE, SYLVANIA CF-G...)
4.2.	Reflektorlampen
4.2.1.	Reflektorlampen mit integriertem induktivem Vorschaltgerät und Sockel E27 (PHILIPS SL-R)
4.2.2.	Reflektorlampen mit integriertem elektronischen Vorschaltgerät und Sockel E27 (OSRAM Dulux EL REFLEKTOR; PHILIPS PLCE-Reflektor ...)
4.2.3.	Reflektorlampen mit integriertem Zündelement und 2-Stift-Sockel (Lindner ECOGLOBE bodenverspiegelt)
4.3.	Ringlampen mit integriertem elektronischem Vorschaltgerät und Sockel E27 (OSRAM CIRCOLUX EL)
4.4.	2D-Lampen mit Stecksockel
4.4.1.	2D-Lampen mit integriertem Zündelement und 2-Stift-Sockel Thorn 2D GR8
4.4.2.	2D-Lampen mit 4-Stift-Sockel Thorn 2D GR10q

Sechsrohrlampen sind Globe-Lampen und Reflektorlampen entwickelt worden. Auch diese Lampen gibt es in der Ausführung mit Steck- und Schraubsockel.

Zur Systematisierung dieses umfangreichen Sortimentes wird eine Klassifizierung der Kompakt-Leuchtstofflampen unter Einbeziehung von Schraubsockeladaptern für Lampen mit Stecksockel vorgestellt. (Tafel 1).

In der folgenden Tafel wird gezeigt, daß der größte Teil der Allgebrauchsglühlampen, Globelampen und Reflektorlampen durch Kompakt-Leuchtstofflampen auf der Basis der Doppelrohrlampentechnologie abgelöst werden kann. Damit soll der Beweis angetreten werden, daß diese Technologie zur Basistechnologie der neuen Generation von Kompakt-Leuchtstofflampen geworden ist.

Tafel 2. Erzeugnissortiment von Kompakt-Leuchtstofflampen auf der Basis der Doppelrohrtechnik

Kompakt-Leuchtstofflampen mit Schraubsockel

Nenn-leistg.	Licht-strom	Länge ohne Stifte	Sockel		Ausführung (*)	entspricht Glühlampe
P/W	Ø/lm	l/mm	2-Stift	4-Stift		P/W
5	250	85	G 23	2G7	Doppelrohr	25
7	400	115	G 23	2G7	Doppelrohr	40
9	600	145	G 23	2G7	Doppelrohr	60
11	900	215	G 23	2G7	Doppelrohr	75
10	600	95	G 24d-1	G 24q-1	4-Rohr	60
13	900	130	G24d-1	G 24q-1	4-Rohr	75
18	1200	150	G 24d-2	G 24q-2	4-Rohr	100
26	1800	170	G 24d-3	G 24q-3	4-Rohr	150

Globe-Lampen mit Stecksockel

Nenn-leistg.	Licht-strom	Länge	Durch-messer	Sockel	Ausführung	entspricht Großkolben-Glühlampe
P/W	Ø/lm	l/mm	d/mm			P/W
5	200	128	80	G 23	Doppelrohr	25
7	350	154	100	G 23	Doppelrohr	40
9	500	178	120	G 23	Doppelrohr	60

Kompakt-Leuchtstofflampen mit Schraubsockel E 27

Nenn-leistg.	Licht-strom	Länge	Sockel	Ausführung	entspricht Glühlampe
P/W	Ø/lm	l/mm			P/W
7/9	400	125	E27	4-Rohr	40
11	600	125	E27	4-Rohr	60
15	900	162	E27	4-Rohr	75
20	1200	190	E27	4-Rohr	100
23	1500	211	E27	4-Rohr	>100
15	900	145	E27	6-Rohr	75
20	1200	168	E27	6-Rohr	100
23	1500	178	E27	6-Rohr	>100

Globe-Lampen mit Schraubsockel E 27

Nenn-leistg.	Licht-strom	Länge	Durch-messer	Sockel	Ausführung	entspricht Großkolben-Glühlampe
P/W	Ø/lm	l/mm	d/mm			P/W
7	350	168	100	E27	4-Rohr	40
11	450	188	120	E27	4-Rohr	60
15	700	188	120	E27	6-Rohr	75
20	1000	188	120	E27	6-Rohr	100

Reflektorlampen mit Schraubsockel E 27

Nenn-leistg.	Licht-strom	Länge	Durch-messer	Sockel	Ausführung	entspricht Reflektor-Glühlampe
P/W	Ø/lm	l/mm	d/mm			P/W
11	315	150	123	E27	4-Rohr	60
15	335	184	123	E27	4-Rohr	75
20	500	184	123	E27	6-Rohr	100

(*) Osram bezeichnet die 4-Rohr-Ausführung als 2-Rohrtechnik und die 6-Rohr-Ausführung als 3-Rohrtechnik

Im Berliner Glühlampenwerk wurde 1982 die Produktion von Doppelrohrlampen aufgenommen. Derzeitig werden vom aufge-

zeigten umfangreichen Sortiment im Berliner Glühlampenwerk die Typen LD 7, 9, 11 W mit Steck-Sockel G 23 und die Typen LVE 15 und 20 W mit integriertem elektronischem Vorschaltgerät und Sockel E 27 gefertigt.
Im Bild 1 ist die Leistungsreihe der Kompakt-Leuchtstofflampen mit Stecksockel mit dem dazugehörigen Lichtstrom und der vergleichbaren Leistungsaufnahme der Glühlampen dargestellt. Bild 2 zeigt die gleiche Darstellung für Kompakt-Leuchtstofflampen mit Schraubsockel.
Abschließend kann gesagt werden, daß die Weiterentwicklung der Kompakt-Leuchtstofflampen mit dem Erscheinen auf dem Markt in Richtung Miniaturisierung gegangen ist. Ein weiterer wichtiger Schritt war die Aufnahme der Produktion von Kompakt-Leuchtstofflampen mit integriertem elektronischem Vorschaltgerät. Hierbei ist die Verringerung des Volumens von elektronischen Vorschaltgeräten von entscheidender Bedeutung für die Schaffung von Kompakt-Leuchtstofflampen mit hohem Lichtstrom in Glühlampengröße.
Auf der Basis der Doppelrohrlampen-Technik konnte also ein umfangreiches Sortiment an Kompakt-Leuchtstofflampen bereitgestellt werden, womit in einem weiten Anwendungsbereich Energiesparlampen eingesetzt werden können, was zur Kostensenkung und zur Verringerung der Umweltbelastung durch Senkung des Stromverbrauches beiträgt.
Die Produktionsaufnahme von Kompakt-Leuchtstofflampen in 8-Rohr-Ausführung ist nicht sehr wahrscheinlich, da sich nur eine geringfügige Verkleinerung gegenüber der 6-Rohr-Ausführung ergibt, eher ist eine weitere Verkleinerung des Volumens des elektronischen Vorschaltgerätes zu erwarten.

EA 6166

debis systemhaus und Hewlett-Packard gemeinsam in der DDR

Die debis systemhaus GmbH, ein Unternehmen der Daimler Benz InterServices (debis) AG, und die Hewlett-Packard GmbH, größte Tochtergesellschaft der Hewlett-Packard Company, haben ein Gemeinschaftsunternehmen mit Sitz in Berlin (DDR) gegründet. Die Gesellschaft soll sich mit der Entwicklung und dem Vertrieb von Anwendungslösungen und den entsprechenden Computerdienstleistungen befassen. Das Leistungsangebot der neuen Gesellschaft konzentriert sich auf:

- Standard-Software und Systemintegration auf der Hardware-Basis führender Hersteller
- Vertrieb von integrierten Hewlett-Packard Informationssystemen mit kompletter Anwendungssoftware
- Dienstleistungen, Computer- und Kommunikations-Services, Schulung.

Zielmärkte sind sowohl große als auch mittlere Unternehmen der Industrie sowie des Dienstleistungssektors in der DDR und in Osteuropa.
Die neue Gesellschaft[1)] wird ihre Tätigkeit mit zunächst rund 200 erfahrenen Software-Experten aus der DDR auf der Grundlage des Industrie-Know-Hows der Gründerfirmen debis systemhaus GmbH und Hewlett-Packard GmbH ihre Dienste anbieten.

Weitere Informationen erhalten Sie über:

Dr. *Hartmut Brand*
debis systemhaus GmbH, Stuttgart
Postfach 80
D–7000 Stuttgart 80
Tel.: 0711/17–9 20 64

Die Redaktion EK 4268

Anlaufverhalten von Kompakt-Leuchtstofflampen

J. Trotz; W. Weißer, Berlin

Leuchtstofflampen benötigen vom Zeitpunkt des Einschaltens bis zum Erreichen eines stabilen Lichtstroms eine endliche Zeit. Dieses Anlauf- bzw. Einbrennverhalten beruht auf thermisch sich ändernde Zustände, die, im Zusammenspiel mit dem in der Lampe enthaltenen Quecksilber, den Lichtstrom bestimmen. Dieses Quecksilber, genauer gesagt dessen Dampfdruck, ist somit auslösendes und bestimmendes Element für jede Stabilisierung der Entladung. Der Dampfdruck in der Lampe wird grundsätzlich durch die sich einstellende Temperatur bestimmt, die einerseits von der brennenden Lampe selbst erzeugt wird und andererseits von der Umgebungstemperatur abhängt. Wie sich die Einstellung des Dampfdruckes und damit des Lichtstromes der NARVALUX LD-Lampen und NARVALUX electronic LVE-Lampen darstellt, soll nachfolgend gezeigt werden.
Aufgrund unterschiedlicher thermischer Verhältnisse, der Positionierung und der Menge des frei beweglichen Quecksilbers ergeben sich in Abhängigkeit von der Brennlage qualitativ und quantitativ unterschiedliche Anlaufkurven. Der Anfangswert des Lichtstromes, unmittelbar nach dem Einschalten der Lampe, ist unabhängig von der Brennlage und hängt hauptsächlich von der Umgebungstemperatur ab. Das Bild 1 zeigt typische Lichtstromverläufe freibrennender Kompakt-Leuchtstofflampen NARVALUX LD (Doppelrohrlampe) in hängender Brennlage bei Raumtemperatur nach dem Einschalten in Abhängigkeit von der Zeit.
Der Lichtstrom erfährt nach etwa 2 Minuten einen Maximalwert, fällt anschließend wieder ab, um dann in ein oder zwei sprunghaften Änderungen wieder annähernd den Maximalwert zu erreichen. Bei Kompakt-Leuchtstofflampen NARVALUX electronic LVE können bis zu vier sprunghafte und/oder auch allmähliche Änderungen auftreten (Bild 2). Die unter dem entgültig erreichbaren Wert liegenden Niveaus stellen instabile Zustände dar und können, bei Unkenntnis der Physik der Lampe, zur Fehlbewertung derselben führen. Der niedrigste instabile Zustand kann bis zu 15 % unter dem Endwert liegen. Niveauhöhe und Dauer dieser Zustände hängen hauptsächlich von der Vorgeschichte der Lampe ab. Aus diesem Grund kann der Verlauf jeder einzelnen Lampe von dem angegebenen typischen Verhalten abweichen. Eine noch nicht gebrannte oder lange gelagerte Lampe oder eine Lampe, die zuvor in einer anderen Lage betrieben wurde, braucht unter Umständen mehrere Stunden bis zum Erreichen des stationären Endwertes (Bild 1a und 2a). Untersuchungen an NARVALUX LD-Lampen, die bereits den stationären Endwert erreicht hatten, haben ergeben, daß, wenn die Lampe bis zu 24 Stunden erschütterungsfrei und zugluftfrei in der Fassung ausgeschaltet verbleibt oder sie ohne größere Erschütterungen in der vorher betriebenen Brennlage transportiert wird, der stationäre Endwert in der Regel wieder nach einer Betriebszeit von 15 Minuten erreicht wird (Bild 1b). Dieser Endwert weicht bei Raumtemperatur nur um wenige Prozent vom Maximalwert des Anlaufpeaks ab. Schaltet man brennende Lampen nur wenige Minuten aus, so erreichen diese in der Regel ohne sprunghafte Änderung nach kurzer Brennzeit (etwa 3 bis 5 min) wieder ihren zuvor erreichten Lichtstrom. Kom-

Dipl.-Ing. *Joachim Trotz* und Dipl.-Ing. *Wolfgang Weißer* sind Entwicklungsingenieure im Direktorat Wissenschaft und Technik der NARVA Berliner Glühlampenwerk GmbH.

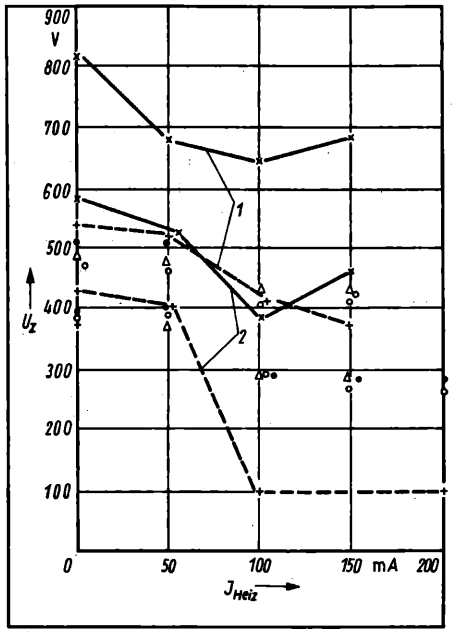
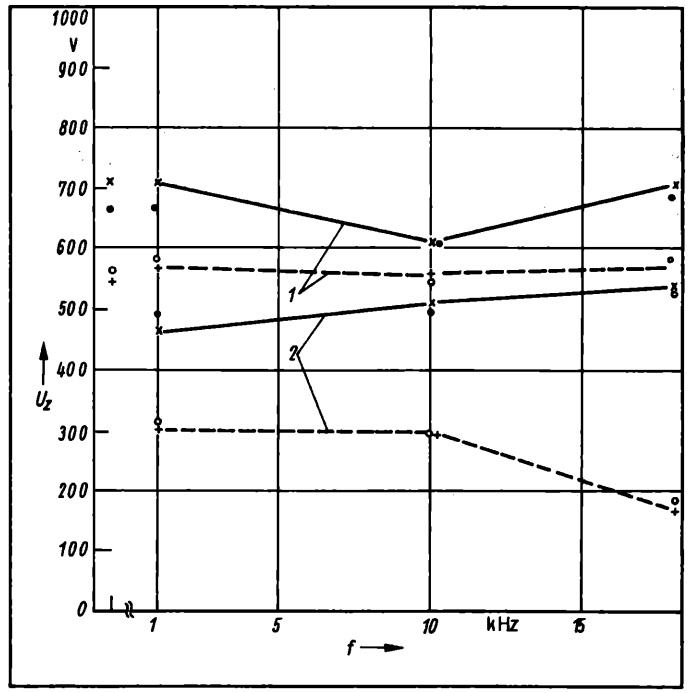


Bild 2. Zündspannung in Abhängigkeit vom Vorheizstrom der Elektroden. LD 9 und Versuchslampe (2× LD 9).
1 – Versuchslampe (2 × LD 9)
2 – Doppelrohrlampe LD 9
Frequenz
x 50 Hz
△ 500 Hz
○ 1 kHz
• 10 kHz
\+ 18 kHz



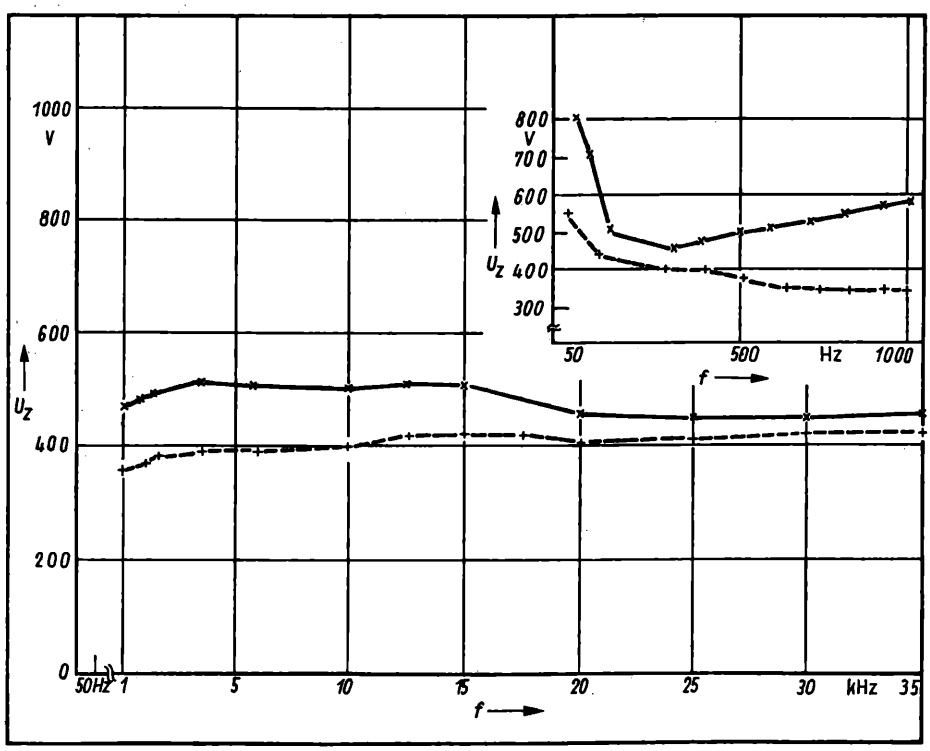


Bild 3. Zündspannung in Abhängigkeit von der Frequenz.
(LD 11 und Versuchslampe 2× LD 11)
Legende Vorheizung wie Bild 1.
1 – Versuchslampe (2× LD 11)
2 – Doppelrohrlampe LD 11

Bild 4. Zündspannung in Abhängigkeit von der Frequenz. (Vierrohrlampe LVE 20)
x ohne Vorheizung
\+ 150 mA Vorheizung

Bei der vorliegenden Arbeit wird festgestellt, daß durch eine Vorheizung der Elektroden mit 150 mA die Zündspannung abgesenkt wird sowohl bei 50 Hz als auch bei erhöhten Frequenzen. Das heißt, eine Frequenzerhöhung der Speisespannung mit zusätzlichem Vorheizen der Elektroden bringt bedeutende Zündspannungserniedrigungen. Das zeigt eine gute Übereinstimmung mit *Rasch* [6], der bei 50 kHz eine Zündspannungsabsenkung von 900 Volt bei 40 °C und 0 mA Vorheizung auf 750 Volt bei 135 mA Vorheizstrom und 40 °C Umgebungstemperatur feststellt. Seine Messungen wurden an Dulux-Lampen (OSRAM) vorgenommen.
Claus [7] weist darauf hin, daß in jedem Falle für eine ausreichende Vorheizung der Elektroden vor Anlegen der Zündspannung zu sorgen ist. Das wirkt sich positiv auf die Lebensdauer der hochfrequent betriebenen Lampen aus.
In der Dissertation von *Rehberg* [3] wird betont, daß die Zündspannung stark von der Vorheizung der Elektroden abhängig ist. Die Temperatur der Elektroden bestimmt die Konzentration der Elektronen für den 1. Durchschlag. Die Anzahl der thermisch emittierten Ladungsträger hängt von der Elektrodentemperatur ab. *Mieth* [8] stellt fest, daß die Brennflecken bei 20 kHz heißer sind als bei 50 Hz. Gleichzeitig mißt er eine ansteigende Nullfeldthermoemission bei Frequenzerhöhung von 1 bis 20 kHz.
Die durchgeführten Messungen bestätigen das Absenken der Zündspannung bei Vorheizung der Elektroden. Das Verringern der Zündspannung zeigt sich schon deutlich bei einem Vorheizstrom von 100 mA (Bilder 1 bis 3). Ab 150 mA Vorheizstrom wird eine Querentladung bei 50 Hz und bei höheren Frequenzen beobachtet (Ständige Leuchterscheinung über einer oder beide Wendeln). Die Zündspannungsmessungen ohne Vorheizstrom und mit Vorheizstrom von 150 mA über der Frequenz in kleinen Frequenzschritten zeigen, daß bereits eine Frequenzerhöhung von 200 bis 400 Hz die Zündspannung deutlich absenkt, die dann aber wieder ansteigt (ohne Vorheizstrom).
Mit Vorheizung der Elektroden (150 mA) tritt ein Minimum der Zündspannung bei 700 Hz bis 900 Hz auf. (Bild 4).

Fortsetzung auf Seite 339

Halbempirisches Modell zur Berechnung des Verhaltens von 26-mm-Leuchtstofflampen im äußeren Stromkreis

J. Zabel, Brand-Erbisdorf

Für das Design von neuen Leuchtstofflampen ist die Kenntnis der Leistungsparameter bei einer vorgegebenen Netzspannung, einer definierten Lampenlänge und einem definierten Vorschaltgerät erforderlich. Deshalb besteht die Notwendigkeit, ein Modell zu schaffen, mit dem es möglich ist, das relativ feingerasterte Feld der Messungen zur Leistungsbilanz von Leuchtstofflampen zweckmäßig zu komprimieren und daraus die Werte zu ermitteln, die dem spannungskonstanten Betrieb über ein Referenzvorschaltgerät entsprechen.

1. Experimentelle Grundlagen

Die Leistungsbilanzmessungen wurden an einer im ZIE Greifswald entwickelten Meßapparatur durchgeführt. Eine extern angeordnete Kühlstelle garantierte die definierte Einstellung des Hg-Partialdruckes. Das Entladungsrohr hatte einen Suprasilkern und befand sich in einem mit Argon gespülten Rezipienten, der auf etwa 80 °C geheizt war. Zwei selektive Photozellen für die 184-nm und für die 254-nm-Linie waren im Rezipienten angeordnet und ermöglichten die Messung der Resonanzstrahlung. Der Gradient E ist mittels Innensonden gemessen worden. Mit diesem Meßverfahren wurde ein Untersuchungsfeld durchmessen, das den Entladungsstrom I zwischen 300 mA und 700 mA, den Edelgasdruck p zwischen 150 Pa und 400 Pa und die Edelgaszusammensetzung X zwischen 100 % Argon und 100 % Krypton variierte. Durch Polynome 2. Grades konnten die Zielgrößen Gradient E, die Elektrodenfallspannung U_e, der Leistungsfaktor cos φ_L und die beiden Resonanzlinien (UVL, UVK) als Funktion der drei Einflußgrößen (I, p, X) angenähert werden. Auf diese Weise wurden 5 unabhängige Gleichungen ermittelt, die auf experimenteller Basis ruhen:

$$E = f(I, p, X),\ U_O = f(I, p, X),\ cos\varphi_L = f(I, p, X) \quad (1)$$
$$UVK = f(I, p, X)\ (184\,nm\text{-}Linie),\ UVL = f(I, p, X)\ (254\,nm\text{-}Linie)$$

Nutzt man diese Gleichungen, so lassen sich mit Hilfe der abhängigen Beziehungen:

$$U_L = E \cdot LL + U_e,\ P = I \cdot U_L \cdot cos\varphi_L,\ P_e = I \cdot U_e \cdot cos\varphi_L \quad (2)$$
$$P_{UV} = LL \cdot (UVK + UVL),\ \eta = P_{UV}/P$$

alle für die Leistungsbilanz der Leuchtstofflampe wesentlichen Parameter berechnen, wenn bekannt ist, welcher Strom sich bei gegebener Lampenlänge LL, bei definierter Netzspannung U_N und bei dem vorgeschriebenen Vorschaltgerät einstellt.

Dipl.-Phys. *Jürgen Zabel*, Mitarbeiter Entwicklung und Technologie der NARVA Licht GmbH Brand-Erbisdorf

Fortsetzung von Seite 338

4. Zusammenfassung und Einschätzung

Die Ergebnisse der Zündspannungsuntersuchungen im Bereich von 50 Hz bis 18 kHz bei kompakten Leuchtstofflampen zeigen ein Absenken der Zündspannung gegenüber 50 Hz ohne Vorheizung der Elektroden und mit Vorheizung der Elektroden. Die zündspannungssenkende Wirkung von höheren Frequenzen der Speisespannung, wie sie für stabförmige Leuchtstofflampen bekannt ist, wurde auch für kompakte Leuchtstofflampen nachgewiesen.
Es zeigt sich, daß die Zündspannungsmessungen auch interessant sind im Hinblick auf neueste Untersuchungen zum Brennfleckregime bei höheren Frequenzen. Die Brennflecktemperatur erhöht sich bei höheren Frequenzen [8]. Im selben Frequenzbereich wird in der vorliegenden Arbeit die Verringerung der Zündspannung festgestellt.

Literatur

[1] *Waymouth, J. F.*: Electric Discharge Lamps, M.I.T Press 1971
[2] *Rehberg, M.*: Zünduntersuchungen an Leuchtstofflampen. 32. Internationales Wiss. Kolloquium der Technischen Hochschule Ilmenau (26.–30. 10. 1987). Techn. Hochschule Ilmenau (1983/84) 5, S. 151
[3] *Rehberg, M.*: Beitrag zum Zündprozeß von Niederdruckentladungslampen. (An der TH Ilmenau eingereichte Dissertation)
[4] *Hammer, E. E.*: Fluorescent lamp starting voltage relationship at 60 Hz and high frequency. Illuminat. Engng. Soc., p. 36–46, Vol. 13
[5] *Hitchcock, D. E.*: High frequency characteristics of 32 W T8 lamps. J. Illuminat. Engng. Soc. New York 13 (1983) 1, S. 26–35
[6] *Rasch, E.*: Properties and performance of compact fluorescent lamps with integradet HF-electronics ballast. Lighting Design and Application (1987), S. 29–34
[7] *Claus, H.*: Leuchtstofflampen in höherfrequentem Regime. 32. Internationales Wiss. Kolloquium der Technischen Hochschule Ilmenau (1983/84) 5, S. 105
[8] *Mieth, P.*: Brennflecktemperaturmessungen an tonfrequent betriebenen Leuchtstofflampen. Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin, angefertigt bei VEB NARVA BGW, Abt. EGK 1988.

EA 6168

Bild 1. Lampenstromkreis

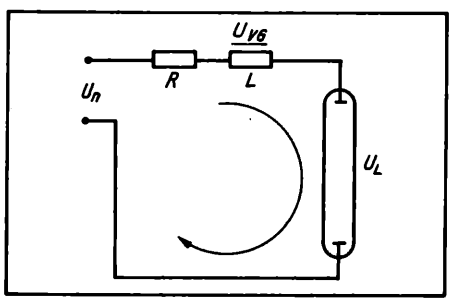


Bild 2. Phasendiagramm

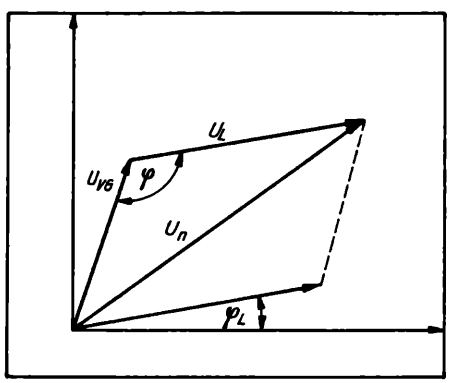
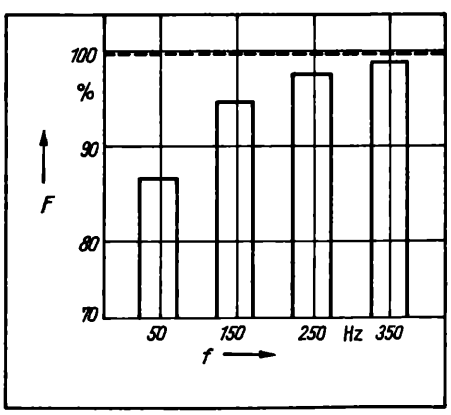


Bild 3. Relative Fourier-Koeffizienten



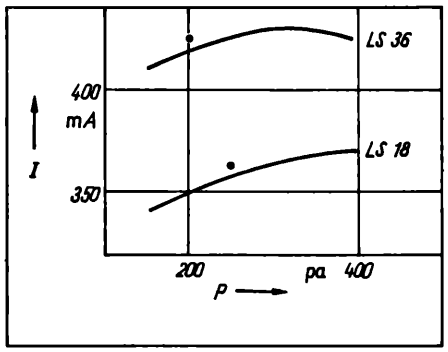


Bild 4. Modellrechnung für den Strom und Meßwerte

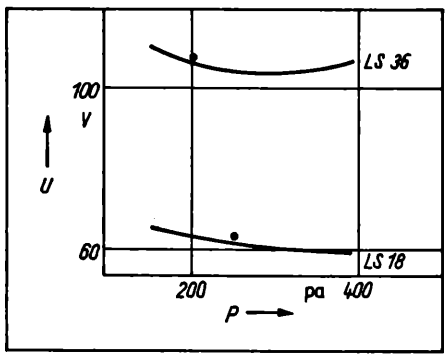


Bild 5. Modellrechnung für die Spannung und Meßwerte

nen. Unter der Annahme, daß die 50-Hz-Grundwelle der Lampenspannung bekannt, groß gegen die höherfrequenten Oberwellen und relativ unabhängig von den Einflußparametern ist, kann man den Strom aus Gl. (3) berechnen.

$$U_N^2 = U_L^2 + (R^2 + X_L^2)\,I^2 - 2\,U_L\,(R + X_L)\,I\cos\varphi, \text{mit } X_L = \omega L \quad (3)$$

Da die Netzspannung und die Vorschaltgeräteimpedanz bekannt sind, die Lampenspannung und cos φ_L sich aus den experimentellen Beziehungen errechnen lassen, kann man durch iterative Lösung von Gl. (3) das Gesamtsystem bestimmen.

3. Analyse der Brennspannung

Es ist bekannt, daß der Anteil höherfrequenter Oberwellen an der Brennspannung mit sinkendem Rohrdurchmesser steigt. Zur quantitativen Größe der Oberwellen sowie zur Abhängigkeit des relativen Oberwellengehaltes $F_i(\omega)$ bei Variation von Entladungsstrom, Füllgasart und Füllgasdruck lagen keine Werte vor.

$$F_i(\omega) = a_K + b_K/(2\,U_{eff}) \quad (4)$$

mit a_K und b_K als Fourierkoeffizienten der K-ten Oberwelle. Deshalb wurden die relativen Fourierkoeffizienten für das Untersuchungsfeld der Leistungsbilanzmessungen bestimmt. Die Ermittlung der Fourierkoeffizienten erfolgte durch die Digitalisierung der Lampenspannung am entsprechenden Versuchspunkt in 200 Punkte pro Periode und nachfolgender numerischer Berechnung. Wie aus Bild 3 ersichtlich ist, schwanken die Koeffizienten im untersuchten Versuchsfeld nur sehr schwach.
Da die relativen Fourierkoeffizienten des Entladungsstromes noch schneller konvergieren als die der Lampenspannung, genügt es, den Entladungsstrom zu berechnen, indem man Gl. (3) für die 50 Hz-Komponente löst und die höherfrequenten Oberwellen als Störung additiv berücksichtigt.

4. Ergebnisdiskussion

Mit dem vorgestellten Modell ist es möglich, die elektrischen und lichttechnischen Größen von 26 mm-Leuchtstofflampen bei freier Vorgabe von Netzspannung, Vorschaltgeräteimpedanz, Lampenlänge, Fülldruck und Füllgaszusammensetzung zu bestimmen. Beim Vergleich der Modellergebnisse mit Messungen an Standardleuchtstofflampen, Bild 4 und Bild 5, ist eine gute Übereinstimmung des Modells mit den Messungen bei Konstantspannung festzustellen. Das Modell erweist sich als brauchbar für das Design von neuen Leuchtstofflampen. EA 6172

Aufgaben und Probleme bei der Entwicklung und Anwendung von Leuchtstoffen für Quecksilberdampf -Niederdruck-entladungslampen

G. Herzog, Greifswald; B. Reimer, Berlin

Die Bedeutung der Hg-Niederdruckentladungslampe als wichtigste künstliche Lichtquelle hat in den 80er Jahren durch die Entwicklung der Kompaktleuchtstofflampe weiter zugenommen. Als wesentlicher Motor dieser Entwicklung erwiesen sich einmal mehr die auf dem Gebiet der Luminophore erreichten Fortschritte, wie die Einführung der Seltenerdmetalle als Aktivatoren. Dabei war und ist eine enge Verbindung zwischen Leuchtstoff- und Lampenentwicklung erforderlich. Ebenso ist die Technologie der Leuchtstoffverarbeitung und Lampenherstellung zu beachten.

1. Generelle Anforderungen an Luminophore für Leuchtstofflampen

Bei Luminophoren für Leuchtstofflampen soll die Lage der Emissionsbanden im erforderlichen Spektralbereich liegen, eine effektive Strahlungstransformation erfolgen, sowie eine hohe Stabilität bei Verarbeitung und Anwendung gegeben sein. Diese Eigenschaften werden wesentlich bestimmt von den Ausgangsstoffen, den Darstellungsbedingungen, dem Grundgitter einschließlich seiner Zusammensetzung und Realstruktur sowie den eingesetzten Aktivatoren. Einen Überblick vermittelt das Schema nach Bild 1, wobei die wichtigsten Einflußparameter Berücksichtigung fanden. Erkenntnisse über die Reaktivität, den Reaktionsablauf, die Struktur, den Einbau des Aktivators sowie die Energietransport- und Energieverlustprozesse sind daher von zunehmender Bedeutung. Der gegenwärtig erreichte Entwicklungsstand gestattet dabei die Darstellung von neuen Leuchtstoffen auf der Basis von Auswahlkriterien. Solche Kriterien sind generell:

- Lage und Halbwertsbreite der Emissionsbande, die durch den Aktivator sowie vom Grundgitter und seiner Zusammensetzung bestimmt werden
- eine hohe Quantenausbeute, die erfordert, daß die Differenz der Minima der Parabeln des Grund- und Anregungszustandes im Konfigurations-Koordinaten-Modell (CC-Modell) $\leqq$ 0,3 A beträgt
- hohe Quantenausbeute, die zugleich möglichst „stöchiometrische" Grundgitter bedingt, wobei der Einbau des Aktivators auf Kationengitterplatz vorteilhaft ist
- Einhaltung einer kritischen Aktivatorkonzentration
- Verbesserung der Energieübertragung durch Sensibilisatoren.

Berücksichtigt man unter dem Anwendungsaspekt die Stabilität, kommen als weitere Kriterien hinzu:
- große Bindungsenergie des Grundgitters
- stöchiometrische Zusammensetzung des Grundgitters zur Vermeidung von Fremdphasen und Gitterdefekten

Prof. Dr. sc. nat. *Gerhard Herzog*, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Sektion Chemie; Dipl.-Ing. *Burkhard Reimer* NARVA Berliner Glühlampenwerk GmbH, Direktorat Wissenschaft und Technik

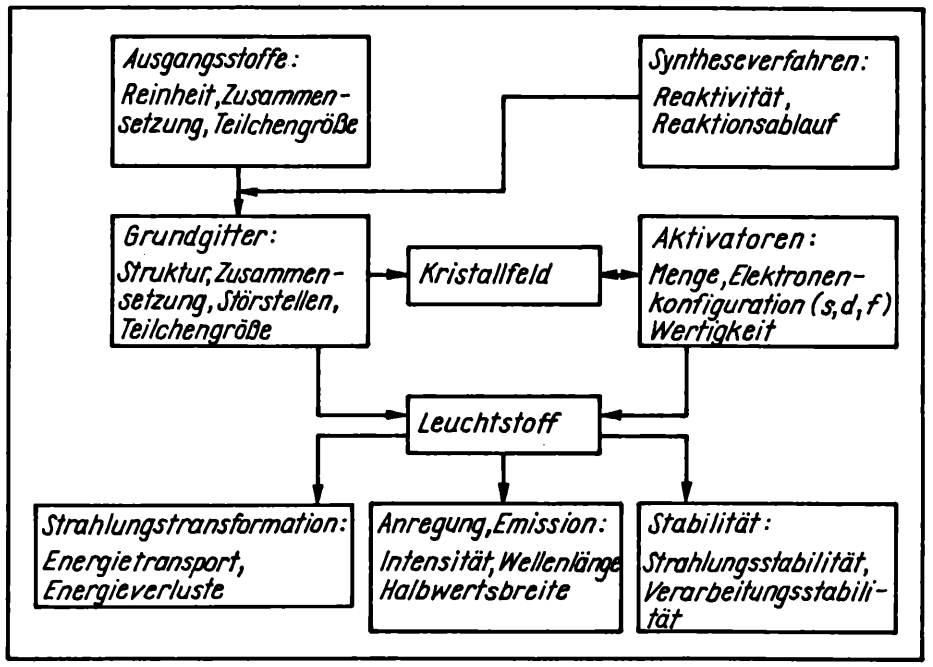


Bild 1. Die wichtigsten Parameter, die die Eigenschaften der Luminophore bestimmen

- geringe spezifische Oberfläche des Leuchtstoffs
- Grundgitterkationen mit einer Elektronegativität ≦ 1,4
- vorwiegender Einsatz von Aktivatoren mit $4f^n$-Elektronenkonfiguration, wie sie die Seltenerdmetalle aufweisen.

2. Das Mehrbandenprinzip zur Realisierung von weißem Licht

Mehrbandenprinzip heißt, die Realisierung von weißem Licht, d. h. von einem Farbort, der auf oder in der Nähe der Kurve des schwarzen Strahlers liegt, durch mehrere Emissionsbanden. Dabei sollte die Zahl der dafür notwendigen Leuchtstoffe gegen 1 gehen, um die Probleme einer Mehrkomponentenleuchtstoffmischung zu umgehen. Solche Probleme basieren auf unterschiedlicher Verarbeitungs-, Strahlungs- und Temperaturstabilität der Einzelkomponenten, erforderlicher Homogenität der Schicht und ökonomischen Aspekten.

Die generellen Möglichkeiten zur Erzeugung von weißem Licht mit Mehrbandenleuchtstofflampen verdeutlicht das Schema nach Bild 2. Von besonderem Interesse sind daher Leuchtstoffe mit einem Aktivator, die mehrere Emissionsbanden aufweisen. So emittiert z. B. das Dysprosiumion, eingebaut in geeignete Grundgitter, gleichzeitig im blauen, grünen und roten Spektralbereich. In der Literatur werden die Systeme

β-Ga_2O_3: Dy^{3+} [1]
$VP_xV_{1-x}O_4$: Dy^{3+} [2]

beschrieben, wobei allerdings nur Quantenausbeuten von 0,3 bzw. 0,65 erreicht werden. Weitere Aktivatoren mit mehreren optischen Übergängen sind Eu^{3+}-, Tb^{3+}- und Sm^{3+}-Ionen.

Tafel 1. Wandbelastung in Leuchtstofflampen mit verschiedenen Rohrdurchmessern

Lampentyp	Leistung in W	Rohrdurchmesser in mm	Wandbelastung in W/m² elektrische	UV	thermische	UV_{185} / UV_{254}
Stablampe	40	38	300	175	225	0,167
Stablampe	36	26	400	260	300	0,193
Doppelrohr	36	18	900	580	710	0,246
Doppelrohr	9	12	1050	580	875	0,300

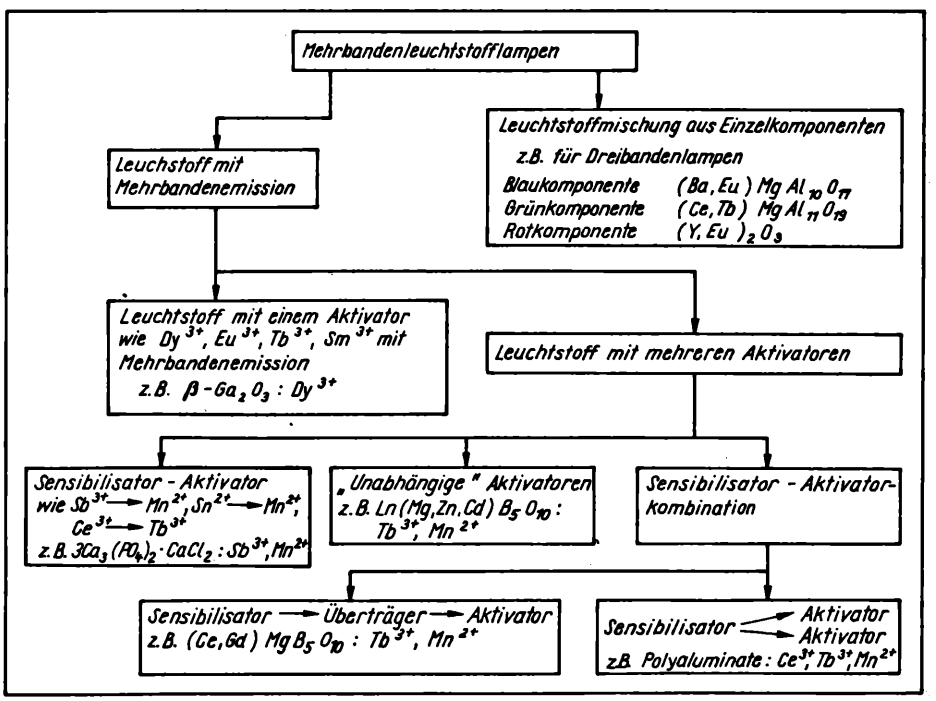


Bild 2. Möglichkeiten zur Erzeugung von weißem Licht mit Mehrbandenleuchtstofflampen

Die nächste Möglichkeit ergibt sich aus der Mehrfachdotierung eines Grundgitters mit verschiedenen Aktivatoren. Neben der Sensibilisator-Aktivatorkombination, z. B. Sb^{3+} und Mn^{2+} in den bekannten Halophosphatleuchtstoffen, bieten Boratgrundgitter der allgemeinen Zusammensetzung (La, Y, Eu) (Mn, Zn)B_5O_{10} [3] die Möglichkeit, dreiwertige Aktivatorionen anstelle des La^{3+} und zweiwertige für Mg^{2+} oder Zn^{2+} einzubauen, d. h. Mehrbandenemission hervorzurufen. Dies gilt auch für den Fall von Eu^{2+} und Eu^{3+}. Energieübertragung vom drei- auf das zweiwertige Kationenteilgitter kann sowohl über Bi als auch über Gd erfolgen.
Die Energieübertragung von einem Sensibilisator auf zwei Aktivatoren als weitere Möglichkeit einer Mehrbandenemission wurde z. B. mit Polyaluminaten realisiert, die Ce^{3+} als Sensibilisator sowie Tb^{3+} und Mn^{2+} als Aktivatoren enthalten [4].

3. Forderungen an Leuchtstoffe aufgrund der Weiterentwicklung von Lampen und Technologien

Die Verringerung der Durchmesser der Entladungsgefäße von ursprünglich 38 mm auf 26 mm bei den stabförmigen Leuchtstofflampen sowie auf 18 bzw. 12 mm bei den Kompaktleuchtstofflampen steigert die Belastung der Leuchtstoffschicht in zweierlei Hinsicht. Erstens nimmt das Verhältnis von schädigender energiereicher 185 nm zur energieärmeren 254 nm – Hg – Resonanzstrahlung zu, und zweitens steigt die UV-Strahlungs- und thermische Belastung. Die Tabelle 1 gibt darüber Auskunft. Diese höhere Temperatur- und Strahlungsbelastung erfordert stabilere Luminophore. In solchen Leuchtstoffen werden vorrangig die Seltenerdmetalle als Aktivatoren eingesetzt.
Eine effektivere Strahlentransformation in der Leuchtstofflampe erfordert eine bessere Nutzung der 185-nm-Linie, wobei neben der Erhöhung der Lichtausbeute gleichzeitig der schädigende Einfluß dieser Strahlung auf den Leuchtstoff vermindert wird. Einige Fluoride, aktiviert mit Praseodym lassen sich durch die 185 nm-Strahlung anregen, da das 4f5d-Anregungsband oberhalb des 1_{S_0}-Energieniveaus liegt. Dadurch kommt es zu einer Quantenaufspaltung mit Emission im blauen und grünen Spektralbereich und einer Quantenausbeute von 1,4 [5]. Ähnliches Verhalten wie Praseodym zeigt auch Thulium.
Weitere Anforderungen an Leuchtstoffe leiten sich aus der Technologie der Lampenherstellung und den Einsatzgebieten der Lampen ab.
Im Rahmen der Umstellung auf umweltfreundliche Technologien ist das bisher für die Leuchtstoffsuspension verwendete Bindemittel-Lösungsmittel-System (Cellulosenitrat – Butylacetat) durch ein wasserlösliches Bindemittelsystem abzulösen. Das erfordert wasserstabile Luminophore.
Der Luminophor besitzt die höchste Stabilität, wenn keine Vermahlung während der Aufbereitung der Suspension stattfindet. Das heißt der Herstellungsprozeß des Leuchtstoffs ist so zu steuern, daß er in geeigneter Korngrößenverteilung (Maximum im Bereich 3 bis 8 μm größer 30 μm keine Anteile) anfällt. Für eine vermahlungsfreie Aufbereitung sind zum Erreichen einer homogenen Leuchtstoffsuspension Dispergierhilfsmittel und für ein Haften des Luminophors auf der Glaswand nach dem Ausbrennen des Bindemittels Haftmittel erforderlich. Solche Hilfsstoffe dürfen praktisch die Lichtausbeute und Stabilität der Lampen nicht beeinflussen.
Das Entladungsgefäß kompakter Leuchtstofflampen hat in jedem Fall eine kompliziertere Form als das der herkömmlichen Stablampen. Für dessen Herstellung sind neue Technologien wie „Fügen" und „Formbiegen" erforderlich. Das bedeutet, daß die Leuchtstoffschicht entweder auf das unverformte Ausgangsrohr aufgebracht wird und damit die Verformung des Glasrohres mitmachen muß oder nachträglich in ein verformtes Gefäß eingebracht wird. Daraus ergeben sich weitere sehr unterschiedliche Forderungen an die Luminophore je nach Wahl der Technologie. Aus Gründen der Lichttechnik, des Designs und der weiteren Miniaturisierung sind noch kompliziertere Formen als die bisher gefertigten Doppel- und Vierrohrlampen denkbar und wünschenswert. Die Grenze bildet hier gegenwärtig die Leuchtstoffbeschichtungstechnologie (das sogenannte „Beschlämmen"). Auch dafür sind neue Lösungen gefragt (z. B. elektrostatische Pulverbeschichtung).
Die Entwicklung der Leuchtstofflampen ist zunächst darauf ausgerichtet, möglichst viele Glühlampen abzulösen. Dafür reicht zunächst eine Lampe mit einer ähnlichsten Farbtemperatur von 2700 K, der Farbtemperatur der Glühlampe, die durch die Mischung aus einem roten Eu^3-aktivierten und einem grünen Ce^{3+}- und Tb^{3+} aktivierten Leuchtstoff realisiert wird. In den kommenden Jahren werden zunehmend auch weitere Lichtfarben, farbverbesserte und farbige Lampen sowie Lampen für spezielle Anwendungsgebiete auf den Markt kommen. Dafür sind eine Reihe neuer Leuchtstoffe, die den harten Einsatzbedingungen in Kompaktleuchtstofflampen genügen müssen, zu entwickeln.
Die im ersten Teil dargestellten Zusammenhänge sind bei solchen Entwicklungsarbeiten zu berücksichtigen.

Literatur

[1] *Sommerdijk, J. L.*: J. Electrochem. Soc. 122 (1975) 7, 952
[2] *Sommerdijk, J. L.*: Philips Res. Repts. 32 (1977) 3, 149
[3] *Leskelä, M.*: DE-OS 3522909 (27. 06. 85/02. 01. 86)
[4] *Guang Yan Hong* u. a.: J. of Lum. 40/41 (1988), 661
[5] *Pappalardo, R.*: J. of Lum. 14 (1976), 159

EA 6173

Die Anwendung der Weibullverteilung zur Beschreibung der Zuverlässigkeit von Lichtquellen

H.-J. Dietrich, Brand-Erbisdorf

Die Zuverlässigkeit von Erzeugnissen ist ein entscheidendes Qualitätsmerkmal und bestimmt maßgeblich den Gebrauchswert desselben. Beim Kauf eines Produktes ist zwar die Momentanqualität, wie Farbe, Form, Funktionsfähigkeit und Leistungsparameter, beurteilbar, aber bezüglich der Zuverlässigkeit kann man meist nur aus den eigenen Erfahrungen deduktiv schlußfolgern. Um hierbei zu Bewertungsgrößen zu gelangen, sind die Produzenten von Erzeugnissen zur Angabe von Zuverlässigkeitskenngrößen verpflichtet. Damit wird ein entscheidendes Qualitätskriterium quantitativ beschrieben. Bei Lichtquellen ist die Angabe einer Zuverlässigkeitskenngröße, denn nichts anderes stelle die „Nennlebensdauer" dar, allgemein übliche Praxis. Zuverlässigkeitskenngrößen stellen aber Zufallsgrößen dar, so daß der Begriff „Nennlebensdauer", der in keinem Zuverlässigkeits-Standard enthalten ist, nicht exakt ist. Zuverlässigkeitstheoretisch wäre dieser Begriff durch solche Begriffe, wie mittlere Lebensdauer, mittlerer Ausfallabstand Θ oder untere Vertrauensgrenze des mittleren Ausfallabstandes Θ_u ersetzbar.
Lichtquellen stellen im allgemeinen nichtreparierbare Erzeugnisse dar, d. h., sie werden nur bis zum ersten Ausfall betrieben. Mit mittleren Lebensdauern von 8000 bis 15000 Stunden zählen Leuchtstofflampen zu sogenannten langlebigen Erzeugnissen. Ihr grundsätzlicher Unterschied z. B. zu elektronischen Bauelementen, wie Widerständen, Transistoren, Schaltkreisen usw. ist darin zu sehen, daß die Ausfälle nicht spontan und gleichmäßig über die Zeit verteilt (exponential verteilt) auftreten, sondern daß sie durch systeminnere Verschleißprozesse erzeugt werden. Schlußfolgernd ist die Ausfallrate $\lambda\ (t) = f(t)$, Ausfälle je Zeiteinheit, abhängig

Dr. Ing. *Hans-Joachim Dietrich*, NARVA Licht GmbH, Brand-Erbisdorf

von der bis zu Beginn des Betrachtungszeitraumes absolvierten Brenndauer der Lampen.

1. Festlegung der Ausfallkriterien

Entsprechend den Forderungen an ein Erzeugnis ist festzulegen, wann ein Erzeugnis als ausgefallen zu betrachten ist. In Anlehnung an die IEC-Publikation 81 „Röhrenförmige Leuchtstofflampen für allgemeine Beleuchtungszwecke" wird als Ausfall definiert:

- Funktionsausfall der Lampe (Emitteraufzehr, Wendelbruch, Sockel lose usw.)
- Unterschreitung des Lichtstromes

$\Phi = 0{,}7 \cdot \Phi_{Nenn}$.

Diese Bedingungen können je nach Lampentyp und Forderungen erweitert oder reduziert werden. Eine Leuchtstofflampe gilt als ausgefallen, wenn mindestens einer der vorgenannten Hauptparameter die Bedingungen des entsprechenden Ausfallkriteriums erfüllt (Driftausfall durch Unterschreitung der 70 %-Lichtstrommarke oder die Inbetriebnahme der Leuchtstofflampe durch Fehler an der Lampe selbst ist nicht mehr möglich).

2. Ermittlung der Ausfallverteilung

Zur Aufnahme der Verteilungsfunktion der Ausfälle sind die Ausfälle einer möglichst großen Stichprobe über die Lebensdauer zu analysieren. Der Test auf Vorliegen eines bestimmten Verteilungstyps (Kolmogorov-Test) setzt voraus, daß mindestens 90 % aller Betrachtungseinheiten bis zum Abbruch der Untersuchungen ausgefallen sind. Zur Beschreibung des Ausfallverhaltens bei Verschleißprozessen eignet sich allgemein die Weibullverteilung

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b} \tag{1}$$

Am Beispiel der Leuchstofflampentype LS 40–1 wurde die empirische Ausfallverteilung graphisch ermittelt. Für einen Stichprobenumfang von $n = 169$, der zufällig über ein Jahr entnommen worden ist, sind folgende Parameter für die Verteilungsfunktion ermittelt worden: $a = 16600$ h, $b = 4{,}7$.

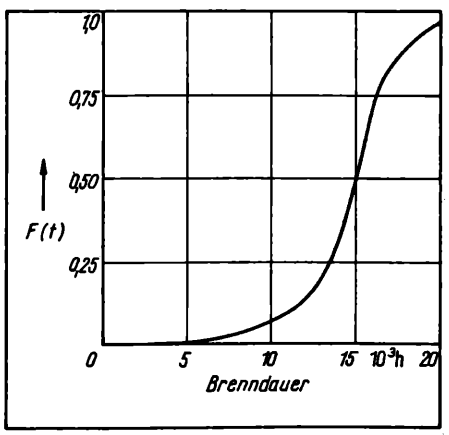


Bild 1. Ausfallverteilung der Leuchtstofflampe

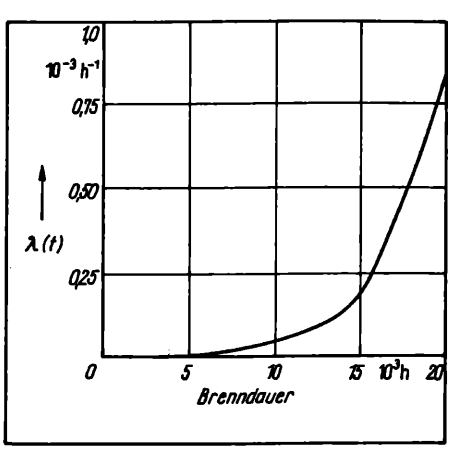


Bild 2. Ausfallrate der Leuchtstofflampe

Die Ausfallverteilungsdichte

$$f(t) = \frac{b}{a}\left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b} \tag{2}$$

hat für den untersuchten Lampentyp das Aussehen

$$f(t) = 2{,}83 \cdot 10^{-4}\left(\frac{t}{16600}\right)^{3,7} e^{-\left(\frac{t}{16600}\right)^{4,7}}$$

Im Bild 1 ist die empirisch gewonnene Ausfallverteilung dargestellt. Mit

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \tag{3}$$

erhält man die im Bild 2 wiedergegebene Verteilung der Ausfallrate.

3. Bestimmung von Zuverlässigkeitskenngrößen

Für den Nutzer von Erzeugnissen ist jedoch die Ausfallverteilung von untergeordnetem Interesse, sondern für ihn ist relevant, wieviel Erzeugnisse nach der Zeit t noch funktionstüchtig bzw. mit hoher Wahrscheinlichkeit noch funktionstüchtig sind, d. h., die Intakt- oder Überlebenswahrscheinlichkeit

$$R(t) = 1 - F(t) \tag{4}$$

ist von größerer Bedeutung. Da der empirisch gewonnene Wert $R(t)$ nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % gesichert werden kann, ist die Zuverlässigkeitsaussage nicht in jedem Falle ausreichend. In diesem Falle ist unter Einbeziehung des Standards TGL 26096 entsprechend der gewählten statistischen Sicherheit die untere Vertrauensgrenze für Kenngrößen der Überlebenswahrscheinlichkeit und die obere Vertrauensgrenze für Kenngrößen der Ausfallwahrscheinlichkeit anzugeben. Gemäß TGL 26096/03 sind für Leuchtstofflampen Kenngrößen der Langlebigkeit auszuweisen, z. B. die gammaprozentuale effektive Lebensdauer $T_{eff\,\gamma}$ mit T_{eff} Brenndauer in h und γ Überlebenswahrscheinlichkeit. Bei einer statistischen Sicherheit von 90 % erhält man mit $\gamma = 0{,}7$ bei Berücksichtigung des Konfidenzintervalles nach [1] $T_{eff\,\gamma} = 12700$ h. In der Praxis sind jedoch Stichprobenumfänge für Zuverlässigkeitsprüfungen von $n = 10$ bis 25 üblich. In diesem Falle erhöht sich die Differenz zwischen dem Wert t der empirischen Verteilung $R(t)$ und dem Wert $T_{eff\,\gamma}$ auf $d = 10\,\% \ldots 5\,\%$.

4. Zusammenfassung

Das Ausfallverhalten von Leuchtstofflampen kann mit der Weibullverteilung approximiert werden. Zur Kontrolle der Zuverlässigkeit können damit Prüfpläne auf der Basis dieses Verteilungstyps nach TGL 26096/16 angewandt werden. Die Kenntnis dieser Verteilung gestattet aber auch dem Anwender von Leuchtstofflampen optimale Gruppenauswechselungsintervalle abzuschätzen.

Literatur

[1] *Storm, R.:* Zum Nachweis von Zuverlässigkeitskenngrößen auf der Basis der Weibullverteilung. Standardisierung und Qualität, Berlin 32 (1986) 5, S. 142–144

EA 6174

Sekundärrohstoffe – Sekundärprobleme? Lichttechnisches Recycling

J. Heinze, KDT, Berlin

Auch in der Lichttechnik wird in den nächsten Jahren das Problem einer effektiven Behandlung der Abprodukte – sei es als Produktions-, sei es als Konsumtionsabfall – industriemäßig gelöst werden müssen.

Sowohl der erreichte Stand der Technik – als Insellösung in allen hochindustrialisierten Ländern technisch bekannt, z. B. auch in der DDR-Lichttechnik – als auch Probleme der Umweltbelastung drängen darauf.

Wenn trotzdem noch keine generelle Lösung des Problems erfolgt ist, dann offensichtlich, weil die Kosten für eine umweltschonende Beseitigung unbrauchbarer Lampen derzeit noch höher sind, als die übliche Praxis des Ablagerns auf mehr oder weniger sicheren Deponien.

Als Land mit einer bedeutenden Lichtquellenproduktion ist in der DDR die spezifische Umweltbelastung U durch deponierte Altlampen – besonders der quecksilberhaltigen Entladungslampen – signifikant höher als die durchschnittliche Belastung der Gesamtwelt

$$U = \frac{s \cdot E}{F}(1 - n) \qquad (1)$$

s Stück Altlampen je Einwohner
E Einwohner des Territoriums
F Fläche des Territoriums
n Anteil des Recyclings
$n = 1$ entspricht 100 % Recycling

und wird nur durch die Werte für Japan übertroffen (Tafel 1). Entladungslampen enthalten Quecksilber. Beispielsweise sind in der BRD 1985 rund $60 \cdot 10^6$ Stück Entladungslampen mit 1200 kg Quecksilber – das entspricht jedoch nur 0,2 % des gesamten Quecksilberverbrauchs in der BRD – zu entsorgen gewesen [8]. Die entsprechenden Zahlen für die DDR 1987 liegen bei $20{,}5 \cdot 10^6$ Stück mit 400 kg Quecksilber.

Die sichere Prognostizierbarkeit der für Menschen, Tiere und Umwelt zu erwartenden Schäden durch unkontrollierte Quecksilberkontamination [1] [2] müssen zur maximalen Rückgewinnung des eingesetzten Quecksilbers führen. In der DDR wurden 1980 für elektrische Schaltgeräte, Elektronik und Lampen 6 % des gesamten Quecksilbereinsatzes verbraucht. Der in Entladungslampen eingesetzte Quecksilberanteil wird als wirtschaftlich nicht rückgewinnbar betrachtet, da erst bei Metallgehalten >5 % ein ökonomisch gesichertes Recycling möglich ist. Demgegenüber enthalten beispielsweise Leuchtstofflampen lediglich 0,01 % Hg [11].

Um das Problem im Zusammenhang mit der Umwelt zu betrachten, sind einige weitere Zahlenangaben unerläßlich [2]. Die natürliche Bodenentgasung des Quecksilbers in die Atmosphäre beläuft sich weltweit auf $17{,}8 \cdot 10^6$ kg $\cdot$ a^{-1} bzw. auf 0,12 kg $\cdot$ km^{-2} $\cdot$ a^{-1}. Bezogen auf die DDR bedeutet dies 1988 eine natürliche Emission von jährlich 13000 kg Quecksilber und von 450 kg zusätzlichem Quecksilber aus Altlampen, sofern man als Extremfall eine vollständige Verflüchtigung des gesamten Quecksilbers aus verbrauchten Entladungslampen annimmt. Wie schädigend diese 3 % zusätzlicher Quecksilberbelastung sind, ist kaum anzugeben. War man früher ziemlich sicher [3], daß sich auf Deponien Quecksilbersulfid mit der geringen Löslichkeit von $1{,}25 \cdot 10^{-6}$ g/100 g H_2O als stabile Verbindung bildet und ohne Probleme auf Deponien abgelagert werden kann, ist man heute anderer Auffassung: Unter bakteriellem Einfluß werden enzymatisch verschiedene Hg-Verbindungen gebildet; anorganische sind weniger toxisch als organische Verbindungen. Besonders CH_3Hg^+ ist gefährlich toxisch. Die letale Dosis für den Menschen beträgt 150 bis 300 mg, von der WHO sind 0,35 mg Hg als wöchentlich tolerierbare Schadstoffmenge ausgewiesen worden [7]. Die Intoxikation mit Quecksilber wird durch das Einatmen verdampfenden elementaren Quecksilbers, durch Kontakt mit den industriell oder landwirtschaftlich verwendeten Quecksilberverbindungen und über die Aufnahme kontaminierter Nahrung (Anreicherung in aquatischer Nahrung größer als in terrestrischer) hervorgerufen.

Bisher dominiert in der Lichtquellenindustrie weltweit die einsinnig unumkehrbare Durchflußbewegung der Nutzkomponenten. Die Gründe für die unzureichende Nutzung, d. h. umgekehrt das Schließen der Stoff-Flüsse zu -kreisläufen, liegt bei Entladungslampen in

- unvollständigen wissenschaftlichen und technischen Kenntnissen von der möglichen Ausnutzung der Abprodukte samt deren betriebs- und volkswirtschaftlichen Aspekten
- erst beginnender industrieller Verarbeitung oder an den fehlenden gewerbsmäßigen Kapazitäten dafür [11]
- fehlender Organisation bei der Erfassung dissipativ verbrauchter Produkte sowie
- unzureichender Effizienz der Erfassung [4].

Das heikelste Problem der gesamten Verwertung von Lichtquellen ist die Organisation der Rückgewinnung, des Transportierens und Nutzens [9] des dissipativen Anteils der Lampen, d. h. vor allem der Glüh- und kompakten Leuchtstofflampen. Der Gruppenwechsel bei Großverbrauchern – vor allem also bei Beleuchtung mit Hochdruckentladungslampen und stabförmigen Leuchtstofflampen – schafft andere, günstigere Verhältnisse.

Aus einer hypothetischen Betrachtung (Tafel 2) ergibt sich für den Fall der kompakten Leuchtstofflampen am Ende der Gebrauchszeit als günstigster Partner für die Rückführung in der DDR im Falle des Haushaltsaufkommens der Einzelhandel mit seinen etwa 4000 Lampengeschäften oder der Altstoffhandel. Bei Großverbrauchern sind dagegen der Großhandel oder die Kommunalwirtschaften vorteilhafter. Der Anteil der vergegenständlichten Arbeit (Material, Energie) am Produktionswert hat sich vergrößert. So sind seit 1975 die Industriepreise für Energie und Rohstoffe im Vergleich zu den Lohnkosten in der DDR um ein Mehrfaches schneller gestiegen. Diese Tendenz ist offensichtlich neu zu bestimmen.

Der kostenmäßige Anteil des recyclierbaren Grundmaterials bei den Hochdrucklampen beträgt 4/5 und mehr der Gesamtkosten; bei Glühlampen liegt der Anteil dagegen unter der Hälfte. In der Regel werden in den NARVA-Lichtquellenbetrieben mehr als 85 % der wiedergewinnbaren Grundmaterialien wertmäßig von 3 bis 5 Materialarten bestimmt.

Unter Abwägung der Belange des Umweltschutzes, der Kosten für die Beseitigung der Abprodukte und der verbrauchten Lichtquellen sowie der technischen Forderungen an eine effektive Beleuchtungstechnik ergibt sich als mögliche Strategie:

1. Die Qualität der Lampen muß über Sortimentsgestaltung und durch Produktionserneuerung ständig verbessert werden. Dabei ist besonders die Lichtarbeit jeder Typenfamilie zu maximieren; der Produktionsabfall ist allgemein zu minimieren.
2. Über den Anfall von Abprodukten wird bereits in der Forschung und Entwicklung entschieden. Deshalb sind mit den Aufgaben zur Erzeugnisentwicklung zugleich Zielstellungen zur Verwertung der aus Altlampen anfallenden Sekundärrohstoffe festzulegen (welche Mengen von welchen Abprodukten werden wann, mit welchen Auswirkungen auf die Umwelt anfallen und sollen wie gesammelt, aufbereitet und verwertet werden).

Die Herstellungsprozesse sind mit dem Ziel zu optimieren [5], ab-

Dr. rer. nat. *Joachim Heinze* ist Mitarbeiter im NARVA Berliner Glühlampenwerk GmbH.

Herrn *G. Schwalowsky* bin ich für den Hinweis auf einige Werte sowie förderliche Diskussionen zu Dank verpflichtet.

Tafel 1. Spezifische Umweltbelastung U ausgewählter Territorien durch Altlampen in Stück · km^{-2}

	Jahr	Glühlampen	Leuchtstofflampen	Hochdrucklampen
Welt	1984	53	12	0,4
USA	1984	178	39	1,5
BRD	1983		203	10
Japan	1984	386	837	13
DDR	1988	313	190	30

Tafel 2. Systematischer Variantenvergleich zur Modellierung der Erfassung von verbrauchten kompakten Leuchtstofflampen anhand einer Experteneinschätzung
(1 sehr gut ... 5 sehr schlecht; oberer Wert für Großverbraucher, unterer Wert für Haushalte)

Wichtung	Varianten / Bewertungskriterien	Großhandel	Einzelhandel	Altstoffhandel	Kommunalwirtschaft	Verwertungsbetrieb	Hersteller
0,2	Erfassungsnetz	2,5	4,3	2,8	2,8	4,3	3,8
		5,0	2,0	2,0	3,3	4,5	4,3
0,1	Toxizität	3,2	4,7	3,5	3,3	2,0	2,0
		3,8	3,7	3,2	3,3	2,0	2,0
0,1	Arbeitskräftebedarf	2,5	2,7	2,0	2,2	2,2	3,0
		4,7	3,0	3,0	3,0	3,5	4,0
0,1	Transport, Umschlag	1,8	4,0	2,5	2,2	2,0	4,0
		4,5	3,0	2,5	2,5	3,2	4,5
0,1	Verbraucheranreize	2,8	3,2	2,7	3,0	3,8	3,3
		4,5	2,2	2,3	3,7	5,0	3,7
0,2	zusätzlicher Aufwand	2,8	3,5	2,5	2,3	2,3	3,2
		4,5	2,0	2,3	2,2	2,5	4,0
0,2	Rücklaufquote	1,5	3,5	3,0	1,8	3,2	3,0
		4,3	2,2	3,3	2,7	4,2	3,8
		2,5	3,7	2,7	2,5	2,8	3,5
		4,7	2,6	2,7	3,0	3,6	3,7

produktarme Technologien anzuwenden und Produktionsabfälle in einem inneren Kreislauf möglichst unmittelbar an der Maschine, zu recyclieren bzw. in verwertbare Sekundärrohstoffe umzuwandeln, wobei die Umweltbelange berücksichtigt werden müssen [6].

3. Tendenziell verstärkt sich der Einsatz von hochwertigen, auf ihren Einsatzzweck optimierte Beleuchtungssysteme. Weil qualitativ bessere Werkstoffe und Baugruppen verwendet werden und der Fertigungsaufwand steigt, werden Lichtquellen in der Anschaffung teurer, sind aber im Betrieb billiger. So betragen die spezifischen Beleuchtungskosten von Hochdrucklampen nur noch zwei Fünftel, die von Leuchtstofflampen nur noch ein Fünftel der Kosten bei Beleuchtung mit Glühlampen unter sonst gleichen Verhältnissen. In absehbarer Zeit führt diese Tendenz möglicherweise zur Wiederaufbereitung von wertintensiven Altlampen bzw. zur Regenerierung von Baugruppen. Ein solcher Prozeß muß großserienmäßig mit hoher Effizienz betrieben werden; dazu sind technische und ökonomische Untersuchungen über Recycling-Verfahren, über die nutzbare Lebensdauer der einzelnen Lampenbaugruppen und über recyclinggerechte Konstruktion neuer Lampentypen erforderlich.

4. Alle beim Recycling von Ausschuß und Altlampen anfallenden Bestandteile, die nicht unmittelbar im Produktionsprozeß sofort oder nach geringfügiger Bearbeitung wiederverwertet werden können, sind in spezialisierten Betrieben zu verwerten. Dabei gilt auch in der DDR das Verursacher-Prinzip. Danach ist grundsätzlich der Hersteller für die Verwertung von Sekundärrohstoffen seiner Produktion verantwortlich. Er hat die Pflicht, die Verwertung und den Schutz der Umwelt zu organisieren. In der BRD gehören Entladungslampen zu den Glas- und Keramikabfällen mit spezifischen Beimischungen (Schlüssel-Nr. 31433); deshalb sind Entladungslampen als Sondermüll zu behandeln [10]. Für rohstoffarme Länder sind in absehbarer Zukunft am ehesten relevant

- die Teilerückgewinnung aus Hochdruckentladungslampen, mit anschließender Verwertung mit und ohne Regenerierung
- das Recycling von seltenerdhaltigem Leuchtstoff aus Entladungslampen sowie
- aus Umweltschutzgründen die schadfreie Beseitigung des Quecksilbers.

Das Recycling von Glühlampen ist wirtschaftlich nicht vertretbar und aus Gründen des Umweltschutzes nicht nötig.

Literatur

[1] *Andrae, G.:* Die Rolle des VEB Metallaufbereitung bei der Rückgewinnung von Quecksilber, Neue Hütte 30 (1985), S. 337–339

[2] *Benette, G. B.:* Exposure committment assesment of environmental pollutans. Vol. 1, 2: Summary exposure assesments for mercury, nickel, tin: Marc Report Number 25, Chelsea College, Univ. of London, 1981, S. 1–16

[3] *Lohrer, W. und Pahlke, G.:* Quecksilberentladungslampen in ihrer Bedeutung für die Luftreinhaltung. Lichttechnik 29 (1979), S. 378, 381–383

[4] *Lindenlaub, W. u. Kretzer, J.:* Rationeller Stoffkreislauf. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1984

[5] *Wotte, J.; Lötzsch, P.:* Methode zur Bewertung technologischer Verfahren vom Standpunkt der abproduktarmen und -freien Technologie. Veröffentlichung der TH Dresden 1986 (gleichzeitig: Dokument-No. ENV/WP 2/R 31 der ECE der UNO, 1984

[6] Unsere gemeinsame Zukunft/Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundlandt-Bericht). Staatsverlag der DDR, Berlin 1988, 1. Auflage

[7] *Löw, H.:* Internationale Darstellung zu Vorkommen und biologischer Wirkung toxischer Schwermetalle unter besonderer Berücksichtigung der Schadwirkungen von Cadmium, Blei, Quecksilber und Arsen. – Akad. Wiss. DDR, Wissenschaft. Inform.-Zentrum, Berlin, 1989 (Literaturberichte; B2)

[8] Entladungslampen und Umwelt. 3. Aufl. Bonn: ZVEI, Fachverband Elektrische Lampen, 1986

[9] *Rasch, E.:* 50 Jahre Leuchtstofflampen, Teil III. Licht 1989, 6, S. 436

[10] *Weber, B.:* Umweltproblem: Leuchtstofflampen. Sekundärrohstoffe 1988, 12, S. 21

[11] *Kitzerow, H.-G.:* Entsorgung von Entladungslampen in Berlin – vorläufiger Erfahrungsbericht mit einer Aufbereitungsanlage. – Abfallwirtschaftsjournal 1 (1989) 1, S. 1–3

EA 6175

Experimentelle und theoretische Untersuchungen an Leuchtstofflampen-Entladungen mit kleinem Durchmesser

J. Kreher; J. Wilhelm; Greifswald

Verständlicherweise wird immer wieder die Frage aufgeworfen, welchen Beitrag die Gasentladungsphysik für eine weitere Verbesserung von Niederdruck-Gasentladungslampen leisten kann. Hier soll versucht werden, aus heutiger Sicht eine Antwort darauf zu geben. Allerdings werden Entladungen, die mit Frequenzen > 50 Hz betrieben werden, nicht betrachtet.

Zunächst eine prinzipielle Bemerkung zur Niederdruck-Gasentladung unter dem Gesichtspunkt der Lichterzeugung: Praktische Bedeutung in der mehr als 50jährigen Entwicklung von Lichtquellen hat die positive Säule der *Hg*-Edelgas-Entladung gewonnen. Auch die Kompaktlampen arbeiten auf dieser Basis. Die üblicherweise zur Abschätzung der Lichtausbeute η verwendete Formel

$$\eta\,[\mathrm{lm/W}] = K_m\, V_S\, K_E\, K_G\, K_P\, K_Q\, K_S\, K_K$$

zeigt, daß der größte Teil der Koeffizienten Werte > 0,8 besitzt [1] (Tafel 1). Das trifft auch auf die von der Gasentladung bestimmten Größen *UV*-Säulenausbeute K_G und Leistungsverlust K_E in den Elektrodengebieten zu. Koeffizienten mit Werten um 0,5 sind nur

Tafel 1. Koeffizienten zur Berechnung der Lichtausbeute von Niederdruckmetalldampf-Entladungslampen

	V_S	K_E	K_G	K_P	K_Q	K_S	K_K	$\eta\left[\frac{\mathrm{lm}}{\mathrm{W}}\right]$
Aktuelle Werte	0,57	0,80	0,83	0,44	0,85	0,90	1,07	92
Maximale Werte	0,57	0,87 (0,95)	0,85	0,45	0,90	0,92	1,07	113 (123)
Ideale Werte	0,57	1,00	1,00	0,46	1,00	1,00	1,05	187

der visuelle Nutzeffekt V_S, welcher eng mit der Forderung nach weißem Licht verbunden ist und der hier nicht weiter diskutiert werden soll, sowie der Faktor K_P, der durch die Strahlungsumwandlung vom *UV* in den sichtbaren Strahlungsbereich entsteht. K_m ist das photometrische Strahlungsäquivalent (680 lm/W), K_Q bzw. K_S der Umwandlungsverlust im Leuchtstoff bzw. in der Leuchtstoffschicht, schließlich K_K ein Korrekturfaktor, welcher die sichtbaren Linien der Entladung berücksichtigt.

Für eine Erhöhung von K_P wären Metalldampfentladungen mit Resonanzlinien im sichtbaren Spektralbereich denkbar. Bekannt ist die Na-Niederdruck-Lampe. Da Niederdruckstrahler ein Linienspektrum besitzen und hohe Strahlungsausbeuten intensive Resonanzlinien erfordern, ist weißes Licht mit *einer* Metalldampfkomponente nicht zu erreichen. Möglich wäre die Erzeugung weißen Lichtes durch das Zusammenfügen mehrerer Metalldampfspektren. Solche Lösungen sind allerdings bisher nicht bekannt, wohl wegen der sehr unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Metalle, aber denkbar.

Eine andere Möglichkeit, den Energieverlust bei der Strahlungs-Umwandlung vom UV in sichtbare Strahlung zu kompensieren, ist die Verwendung von Leuchtstoffen mit Quantenausbeuten $K_Q > 1$. Solche Stoffsysteme werden in der Literatur beschrieben, sind aber noch weit entfernt von einer praktischen Anwendung [2]. Das zeigt, daß einerseits komplexe und zeitlich aufwendige Forschungen zu noch völlig neuen Lichtquellen führen können und daß andererseits die Hg-Edelgas-Niederdruckentladung für einen größeren Zeitraum Grundlage der Lichterzeugung sein wird, wobei hinsichtlich letzterem die Gasentladungsphysik noch wesentliche Beiträge für die optimalere Anpassung an die technische Aufgabenstellung (Erzeugnis- und Technologiekonzept), aber keine qualitativ neuen Lösungen liefern dürfte.

Neben der Lichterzeugung, die immer an eine weiße Lichtfarbe gebunden ist, haben Metalldampf-Niederdruck-Strahler mit ausgeprägtem Linienspektrum für die Meßtechnik, heute auch zunehmend in der Umweltanalytik, Bedeutung.

Kurz sei auf die verwendeten Untersuchungsmethoden verwiesen, da sie für das Verständnis der Ergebnisse wichtig sind. Experimentell finden Sondenmessungen zur Bestimmung von Feldstärke, Elektrodenfällen, Elektronendichte und der Elektronen-Energieverteilungsfunktion Verwendung. Messungen des Strahlungsflusses sowohl der Resonanzlinien im UV-Bereich als auch der sichtbaren Spektrallinien werden vorgenommen. Darüber hinaus ist die Ermittlung von Besetzungsdichten und effektiven Lebensdauern mittels Laserverfahren möglich [3]. Bei allen Messungen ist insbesondere die reproduzierbare Einstellung des Quecksilberdampfdruckes gewährleistet worden, der bekanntermaßen die Entladungsparameter wesentlich beeinflußt [4]. Die Messung der 185-nm-Resonanzlinien des Quecksilbers ist vor allem bei Entladungen mit kleinerem Rohrdurchmesser wichtig und stellt wegen der Ozonbildung besondere Anforderungen an die experimentelle Technik. Größere Unklarheiten bestehen noch bei den Parametern effektive Lebensdauer der Resonanzniveaus und Besetzungsdichten, die jetzt mittels der Laserdiagnostik exakter gemessen werden können.

Ohne Modell-Rechnungen ist eine physikalische Beschreibung der Hg-Edelgas-Entladung heute nicht mehr möglich, wenn sie bei dem Entwicklungsstand der Lampen für die Praxis von Interesse sein sollen, da es bereits um sehr detaillierte quantitative Aussagen geht. Über die verschiedenen Modell-Systeme wurde bereits berichtet [5]. Wir arbeiten mit einem numerischen Säulen-Modell, in das, außer der experimentell ermittelten Feldstärke, nur physikalische Grundgrößen, nämlich die Wirkungsquerschnitte der Stoßprozesse und die effektiven Lebensdauern der Hg-Resonanzniveaus, eingehen [6]. Der besondere Vorteil ist, daß durch simultane Lösung der Boltzmann-Gleichung die Elektronen-Energieverteilungsfunktion und damit reale Ratenkoeffizienten ermittelt werden. Somit entfällt die oft verwendete Annahme einer Maxwell-Verteilung [5], was vor allem eine befriedigende Beschreibung der Hg-Partialdruck-Abhängigkeit des Strahlungsflusses ermöglicht.

Im folgenden werden einige Ergebnisse diskutiert, die von uns in Untersuchungen bei Rohrradius-Werten gefunden wurden, wie sie bei Kompaktlampen Anwendung finden. Speziell erfolgten sie an einem Entladungsrohr mit einem Radius von $R = 5$ mm. Über den Einfluß weiterer äußerer Größen wurde bereits früher berichtet. Bild 1 zeigt die Säulen-Ausbeute der beiden Hg-Resonanzlinien 254 nm und 185 nm in Abhängigkeit vom Partialdruck, hier charakterisiert durch die Temperatur des Quecksilbers an der kältesten Stelle. Die Kurven geben die mittels des Modells berechneten Ergebnisse wieder, die Punkte Meßwerte. Die Unterschiede zwischen den ausgezogenen und gestrichelten Kurven entstehen durch Verwendung unterschiedlicher effektiver Lebensdauern der Resonanzniveaus in der Modell-Rechnung.

Während die gestrichelten Kurven mittels berechneter effektiver Lebensdauern bei alleiniger Berücksichtigung der Doppler-Verbreiterung resultieren [6], beruhen die ausgezogenen Kurven auf einer Verwendung neuerer, gemessener Lebensdauern [8].

Dr. rer.nat. *Jochen Kreher*, Prof. Dr. *Johannes Wilhelm*, Akademie der Wissenschaften der DDR, Zentralinstitut für Elektronenphysik, Bereich Gasentladungsphysik, Greifswald

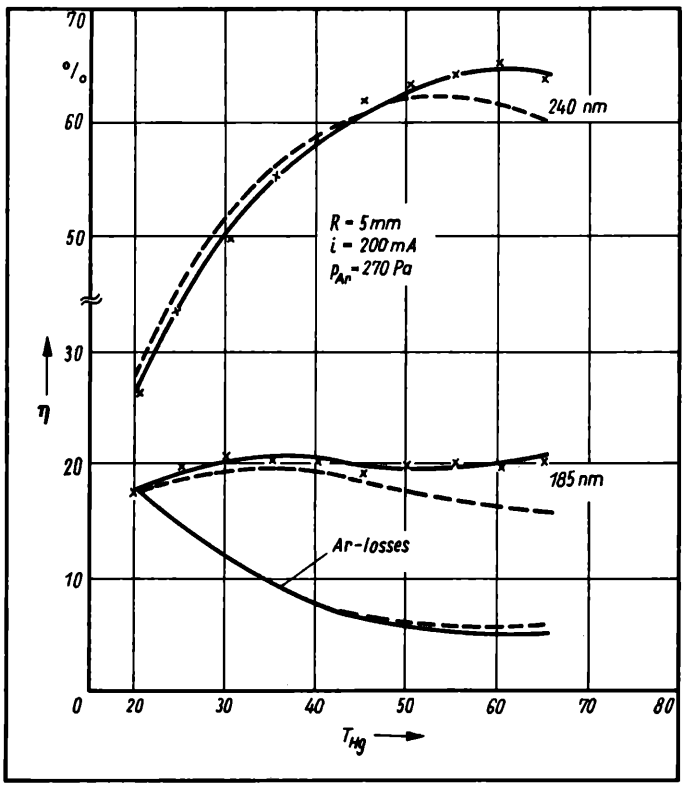


Bild 1. Säulenausbeuten der beiden Resonanzlinien 254 und 185 nm sowie der Anteil der elastischen Stoßverluste mit Argonatomen an der positiven Säule zugeführten Energie (Arlosses) in Abhängigkeit von der Quecksilbertemperatur x Meßwerte
—— Berechnungen mit effektiven Lebensdauern nach [8]
—— Berechnungen mit effektiven Lebensdauern nach [6]

Darauf wird noch einmal detaillierter eingegangen. Hier – wie auch bei anderen Rohrradien – gibt es eine gute Übereinstimmung zwischen Experiment und Modell, insbesondere wenn man beachtet, welche Fehler bei absoluten Messungen des Strahlungsflusses auftreten und welche Abschätzungen bei der Bestimmung der Wirkungsquerschnitte für die Stoßprozesse vorgenommen werden mußten. Neben den beiden berechneten und gemessenen Resonanzlinien, die etwa 70 % der in der positiven Säule umgesetzten Energie ausmachen und deren T_{Hg}-abhängiges Maximum für die 245 nm-Linie erkennbar ist, sind die berechneten – auf die durch das elektrische Feld eingespeiste Energie normierten – Energieverluste bei elastischen Stößen von Elektronen mit Argon-Atomen dargestellt. Diese Stöße liefern den größten Anteil bei der Umwandlung der zugeführten Energie in Wärme und sind somit ein Verlustprozeß. Ein weiterer Verlustprozeß sind die Stöße mit der Wand. Der hieraus folgende (normierte) Energieverlust ist bis zu einem gewissen Grade durch den im Bild 2 berechneten Ionisationsverlust gegeben, wenn auch nicht vollständig, da keine korrekte Behandlung der Elektronenbilanz vorgenommen wird. In dieser Abbildung ist die Energiebilanz des Säulenplasmas detailliert dargestellt (in halblogarithmischer Skalierung), Ionisations- bzw. Wand-Verluste haben bei dünnen Rohren und korrekter Berechnung fast die gleiche Größe wie der Energieverlust in elastischen Stößen von Elektronen mit Argon-Atomen. Die Energie, die in die Hg-Niveaus transportiert wird, von denen die sichtbaren Hg-Linien ausgehen, kann als ein summarischer Schätzwert für den von den sichtbaren Linien auftretenden Energieverlust gelten. Eine korrekte Behandlung der sichtbaren Linien im Modell müßte zu etwas kleineren Werten führen. In der gleichen Weise ist auch die Strahlung berechnet worden, die aufgrund anregender Stöße von Elektronen mit Argon-Atomen entsteht. Berücksichtigt wurde ein summarisches Niveau von 11,4 eV. Aus dem Verlauf der Kurve mit der Kennzeichnung Ar-inel coll. erkennt man eine starke Abhängigkeit vom Hg-Partialdruck. Entsprechende Messungen bestätigen dies, ebenso solche von Ar-Linien beim Betreiben kalter Kompaktlampen [3]. Aus experimentellen Gründen konnte die Resonanzstrahlung von Argon nicht gemessen werden. Es ist aber naheliegend, daß sie auftritt und merklich Einfluß auf den Leuchtstoff hat.

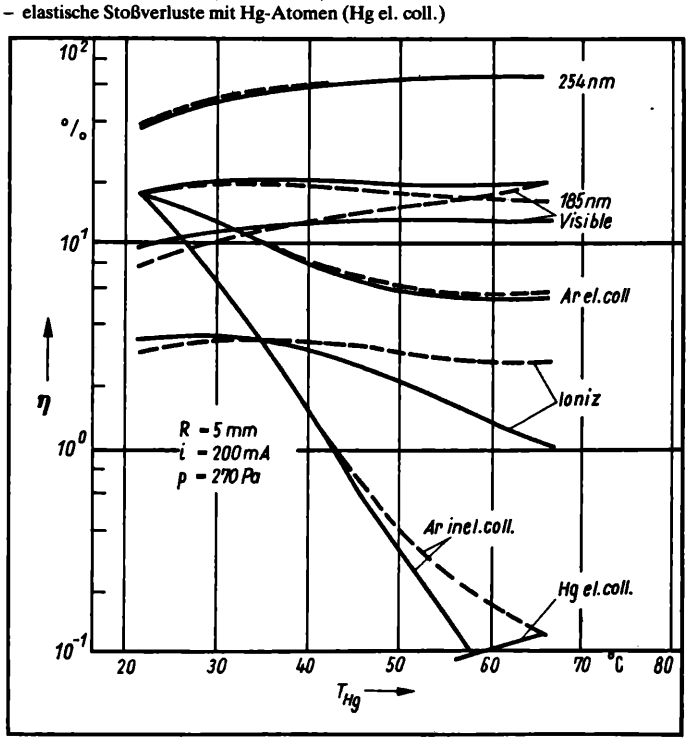
Ein Vergleich der Säulenausbeuten beider Resonanzlinien bei kleinen und größeren Rohrradien (mit effektiven Lebensdauern nach [8]) zeigt Bild 3. Deutlich erkennbar ist:

– Bei konstantem Entladungsstrom von $i = 0{,}2$ A wächst die Ausbeute der 254 nm-Strahlung beim Übergang zu $R = 18$ mm mit wachsendem Radius – abgesehen von $T_{Hg} > 40$ °C bei größerem R, wo für $R > 8$ mm durch die Maximalverschiebung sich die Reihenfolge leicht verschiebt. Die 185 nm-Strahlung nimmt ab. Die Gesamt-UV-Ausbeute ist annähernd konstant; bei Berücksichtigung der sichtbaren Linien nimmt sie mit steigendem Rohrradius leicht ab.

– Das Maximum der Ausbeute der 245 nm-Strahlung verschiebt sich. Die physikalische Ursache hierfür ist aus dem im Bild 4 dargestellten Verhalten der Elektronen-Energieverteilungsfunktion erkennbar: Kleinere Radien führen zur stärkeren Anregung höherer Hg-Niveaus und vor allem zu kleineren Stoßraten für elastische Stöße von Elektronen mit Ar-Atomen, wie es aus dem Vergleich der Ergebnisse bei den Rohrradien $R = 18$ mm und $R = 5$ mm deutlich erkennbar ist (Bild 5). Der Verringerung der elastischen Energieverluste in Elektron-Argonatom-Stößen bei Verkleinerung des Rohrradius steht ein Ansteigen der Wandverluste gegenüber, die hier nicht ausgewiesen sind. Die Wandverluste steigen bei der Verringerung des Rohrradius annähernd um den Faktor 13 an und kompensieren den Rückgang der elastischen Stoßverluste. Das heißt, bei Rohrradius-Verringerung und konstantem Strom bleibt die Gesamtstrahlung annähernd konstant, es verschiebt sich aber das Verhältnis der Linien untereinander zugunsten der 185-nm-Resonanzlinie und der sichtbaren Strahlung.

Wie bereits bemerkt, wurde die Berechnung stets mit zwei unterschiedlichen effektiven Lebensdauern der Resonanzniveaus durchgeführt. Praktisch haben diese Ergebnisse insoweit Interesse, da es Vorschläge gibt, durch Zusatz von Hg-Isotopen die Strahlungsdiffusion und damit die effektiven Lebensdauern zu beeinflussen [9]. Da in dem Ausdruck zur Berechnung des Strahlungsflusses die effektive Lebensdauer direkt, d. h. umgekehrt proportional, eingeht, wäre mit kleineren Lebensdauern die Strah-

Bild 2. Säulenausbeuten und elastische Stoßverluste in Abhängigkeit von der Quecksilbertemperatur entsprechend Bild 1, jedoch in halblogarithmischer Darstellung, ergänzt um berechnete
– zusammengefaßte sichtbare Hg-Linien (Visible)
– Verluste durch Ambipolardiffusion (Ioniz.)
– unelastische Stöße mit Ar-Atomen, die bei kleinem Rohrradius und niedriger Hg-Temperatur zunehmen (Ar inel. coll.)
– elastische Stoßverluste mit Hg-Atomen (Hg el. coll.)



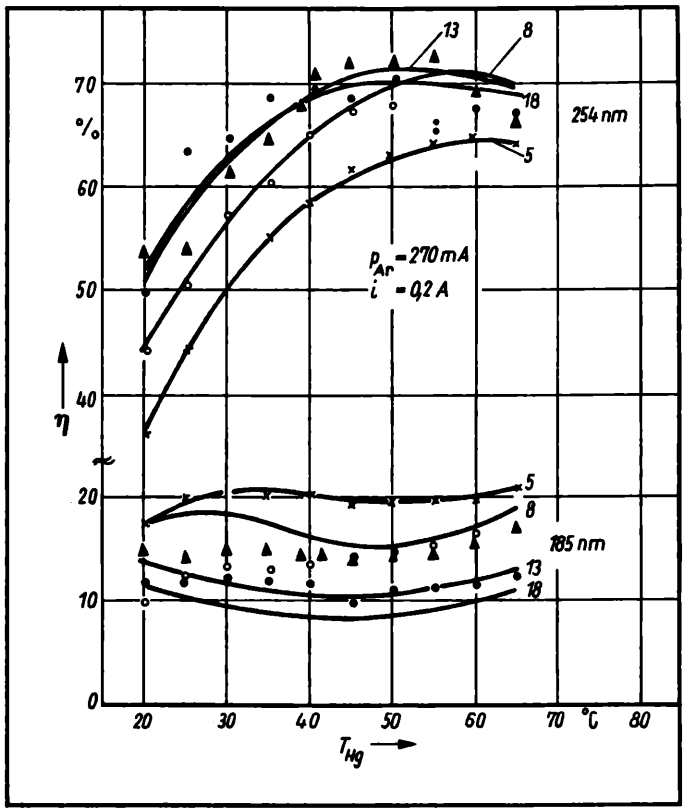
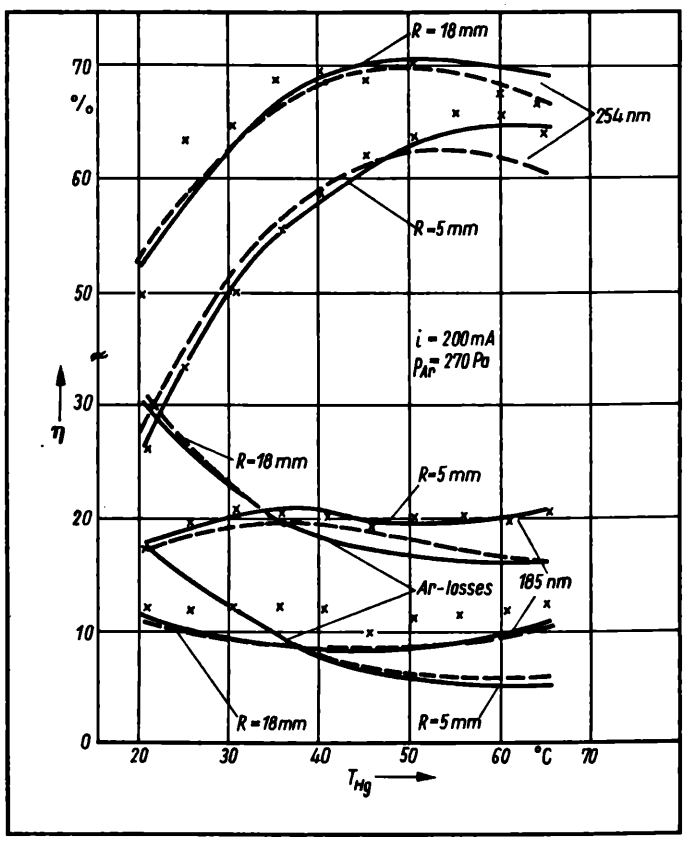


Bild 3. Gemessene (Punkte) und berechnete Säulenausbeuten (Kurven) der beiden Resonanzlinien 254 und 185 nm in der Darstellung wie in Bild 1 für verschiedene Rohrradien
Parameter: R in mm; x ○ ▲ ● Messung (R = 5, 8, 13, 18)



lung zu erhöhen. Ein solches Vorgehen ist allerdings nicht so erfolgversprechend wie es auf den ersten Blick erscheint: Die vielfältigen, in einem Hg-Edelgas-Plasma stattfindenden Stoßprozesse bewirken eine relativ starke Kopplung, so daß Eingriffe in einem Bereich auch Änderungen fast aller anderen Parameter zur Folge haben.

Wie sich das auswirkt, sei im Zusammenhang mit Bild 6 verdeutlicht, in welchem die effektiven Lebensdauern für R = 8 mm dargestellt sind. Neuere Messungen [8] ergaben niedrigere effektive Lebensdauern, für das 6^1P_1-Niveau (185 nm) bei höheren Hg-Temperaturen um fast eine Größenordnung, für das 6^3P_1-Niveau um den Faktor 2. Wie aus Bild 1 ersichtlich, unterscheiden sich die Strahlungsflüsse jedoch nur wenig voneinander. Meßtechnisch gesehen liegt der Unterschied im Fehlerbereich solcher Messun-

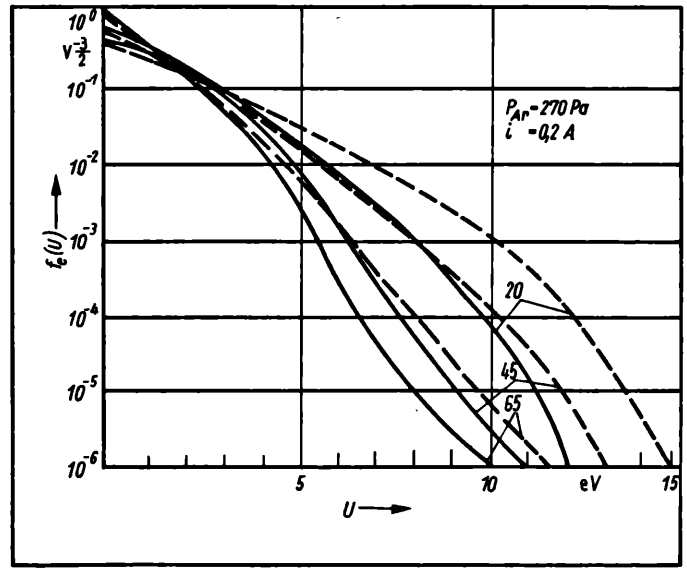


Bild 4. Berechnete Elektronen-Energieverteilungsfunktionen für die Rohrradien R = 18 mm (durchgehend) und R = 5 mm (gestrichelt)
Parameter: T_{Hg} in °C

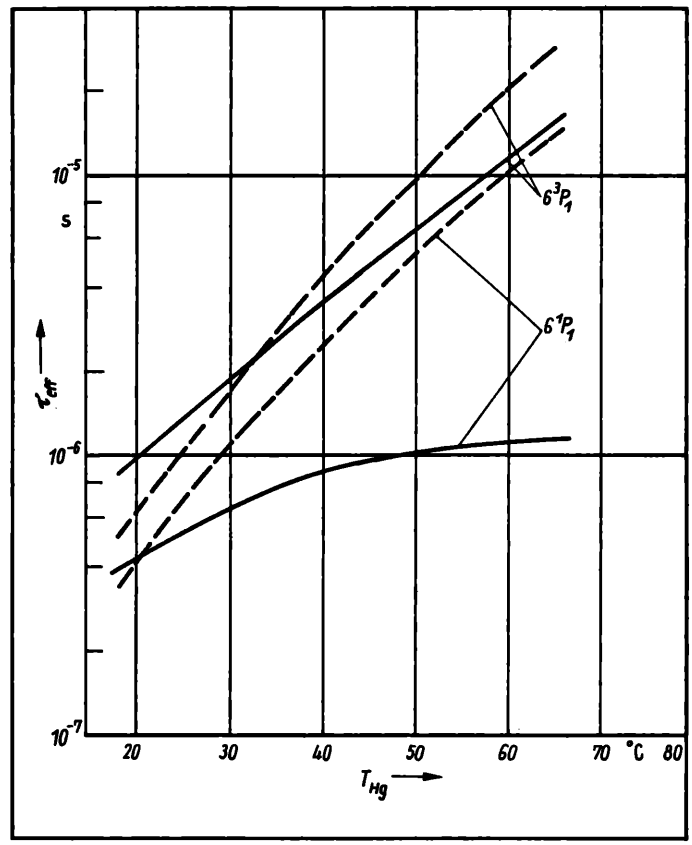


Bild 6. Beispiel für die Unterschiede in den effektiven Lebensdauern, berechnet entsprechend [6] bzw. gemessen nach [8] für R = 8 mm
—— τ_{eff} nach [8] für R = 8 mm; p_{Ar} = 270 Pa
------ τ_{eff} nach [6] für R = 8 mm; p_{Ar} = 270 Pa

Bild 5. Darstellung wie 1, ergänzt um die entsprechenden Werte für den Rohrradius R = 18 mm bei gleichem Strom i und Argondruck P_{Ar}

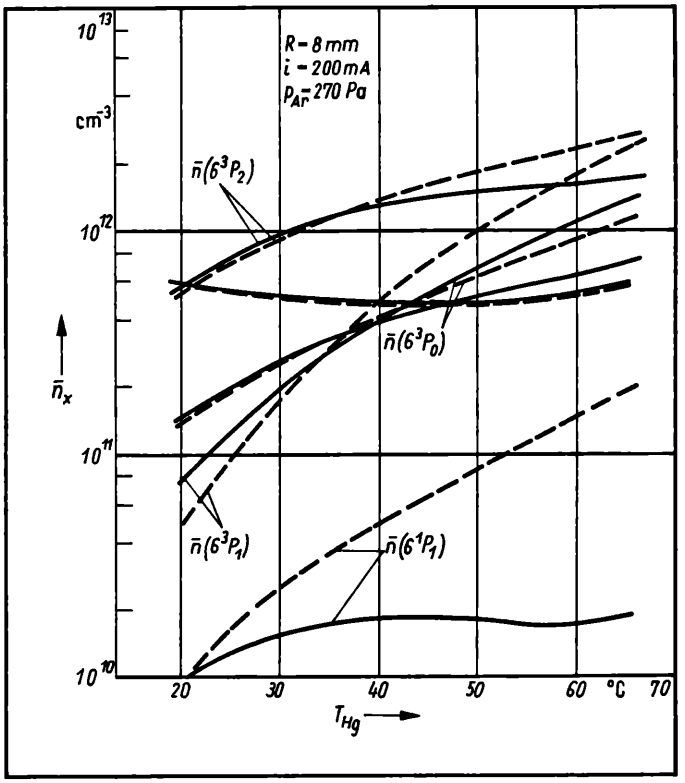


Bild 7. Über den Rohrradius gemittelte Besetzungsdichten für das Triplet und Singulet des Quecksilbers sowie Elektronendichte, berechnet mit den effektiven Lebensdauern nach Bild 6, in Abhängigkeit von der Hg-Temperatur

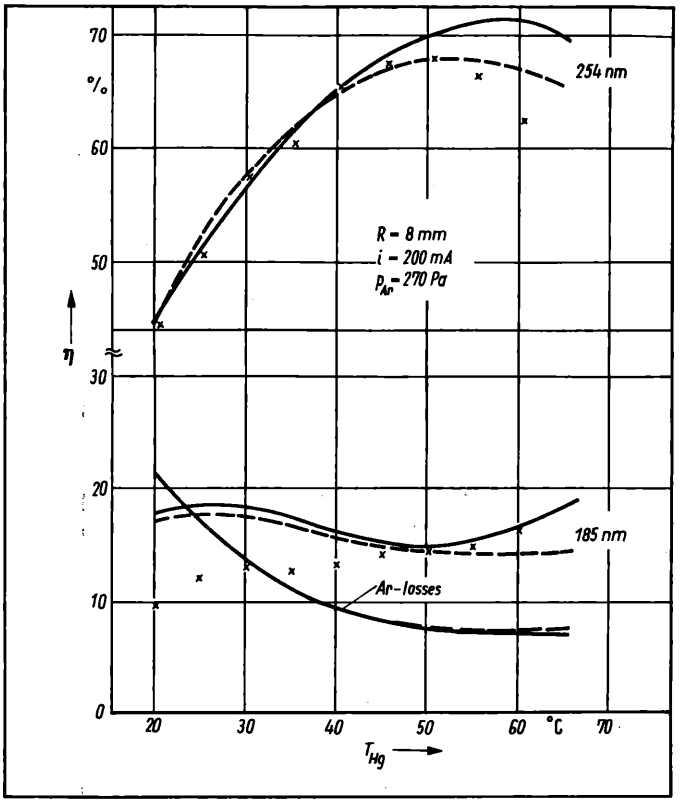


Bild 8. Berechnete und gemessene Säulenausbeuten und Stoßverluste mit Ar-Atomen (Darstellung entsprechend Bild 1) für die gleichen Parameterwerte wie in den Bildern 6 und 7

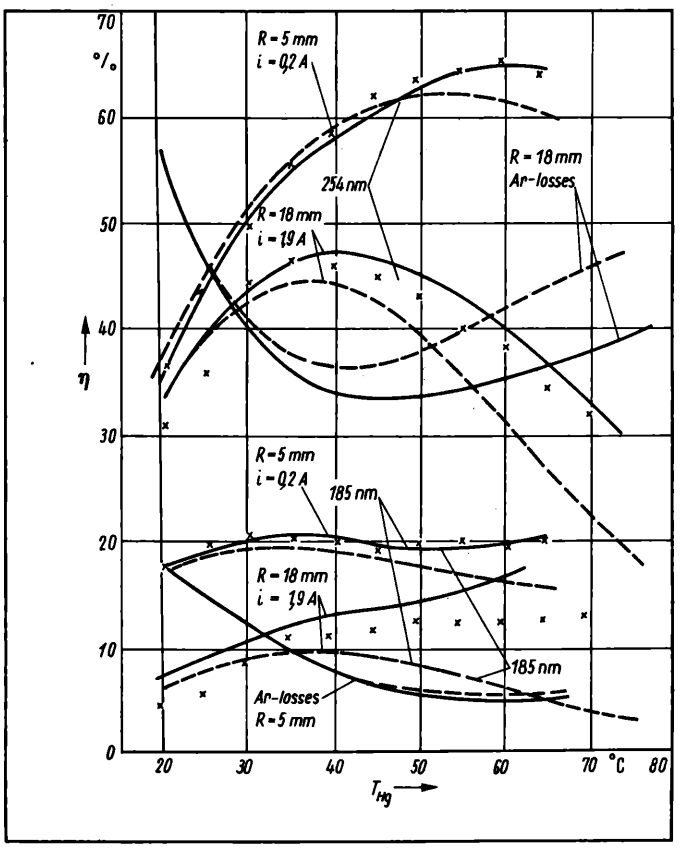
gen. Ursachen für den geringen Einfluß sind, daß bei kleineren Lebensdauern auch weniger strahlungslose Übergänge auftreten und so die Resonanzniveaus im geringeren Umfang angeregt werden. Das ist deutlich aus der Darstellung der Besetzungsdichten im Bild 7 für $R = 8$ mm zu erkennen, insbesondere derjenigen des 6^1P_1-Niveaus, welches im größeren Umfang durch Stufenprozesse angeregt wird. Die Besetzungsdichten bestimmen gleichermaßen den Strahlungsfluß, so daß trotz deutlicher Änderungen der effektiven Lebensdauern nur eine relativ geringe Erhöhung der Strahlungsausbeute entsteht; das heißt, merkliche Ausbeuteerhöhungen durch Veränderung der Strahlungsdiffusion fordern sehr wirkungsvolle technische Maßnahmen, anderenfalls bleiben die Ergebnisse innerhalb des Meßfehlers. Zur Untermauerung dieser Aussage sind im Bild 8 die Strahlungsflüsse auch für den Radius $R = 8$ mm angegeben.

Ein Argument, das gegen die Anwendung kleinerer Rohrradien für die Lichterzeugung sprach, waren die für einen ausreichenden Leistungsumsatz erforderlichen hohen Stromdichten. Von den Hochleistungslampen (> 120 W) ist bekannt, daß dies zum deutlichen Abfall der Ausbeute führt und zusätzliche Maßnahmen zum Stabilisieren des Hg-Dampfdruckes erforderlich sind /10/. In /11/ konnte gezeigt werden, daß die physikalischen Ursachen dafür die mit steigendem Strom auftretende Maxwellisierung der Elektronen-Energieverteilungsfunktion und dadurch zunehmenden elastischen Stoßverluste von Elektronen mit Argon-Atomen sind. Bei $i = 1{,}9$ A und $R = 18$ mm betragen diese Stoßverluste fast 50 % des Gesamtenergieumsatzes. Dieser Strom entspricht einer Stromdichte, die annähernd im Rohr mit $R = 5$ mm und $i = 200$ mA erreicht wird. Höhere Ströme im Rohr mit $R = 18$ mm waren auf Grund der Belastbarkeit der Elektroden nicht erreichbar.

Wie Bild 9 zeigt gibt es trotz ähnlicher Stromdichten große Unterschiede:

- Das Maximum der Strahlungsausbeute der 254 nm-Strahlung verschiebt sich für $R = 5$ mm deutlich zu höheren Hg-Temperaturen, weshalb Amalgame oder ähnliche Dampfdruckmaßnahmen nicht unbedingt erforderlich sind
- Sowohl die 254 nm als auch die 185 nm-Strahlungsausbeute für $R = 5$ mm liegt über derjenigen für $R = 18$ mm
- Die größten Differenzen bei den betrachteten beiden Radien

Bild 9. Gemessene und berechnete Säulenausbeuten sowie elastische Stoßverluste mit Ar-Atomen für zwei Rohrradien und unterschiedlichen Strömen, aber annähernd gleicher Stromdichte (Darstellung entsprechend Bild 1)



treten für die Energieverluste von Elektronen in elastischen Stößen mit Ar-Atomen auf.

Ursache für die günstigeren Strahlungseigenschaften des dünnen Rohres sind:

Bei den größeren Feldstärken der dünnen Rohre wird eine Maxwellisierung der Elektronen-Energieverteilungsfunktion erreicht. Da die Elektronendichte relativ zu derjenigen im 18-mm-Rohr bei gleicher Stromdichte abnimmt, führt dies insgesamt zu kleineren Stoßraten für elastische Stöße von Elektronen mit Argon-Atomen und zu optimaleren Anregungsbedingungen für Hg-Atome. Das ist der physikalische Hintergrund für das Vorliegen günstiger Strahlungseigenschaften bei kleineren Rohrradien. Darauf hinzuweisen ist, daß die Verkleinerung des Rohrradius für Lichtquellen nicht beliebig fortsetzbar ist. Die Wandverluste ändern sich mit dem Quadrat des Radius, die elastischen Stoßverluste sind über komplizierte Beziehungen mit der Elektronen-Energieverteilungsfunktion verbunden. Bei $R = 5\,\text{mm}$ sind beide Verlustprozesse annähernd gleich (8–10 % der umgesetzten Leistung).

Zusammenfassend kann man feststellen:

Gasentladungen mit Parametern von Kompaktlampen weichen in einigen physikalischen Eigenschaften von denen in konventionellen Leuchtstofflampen ab. Das sind:

- Verschiebung des Ausbeutemaximums zu höheren Temperaturen
- höherer Anteil der 185 nm und sichtbaren Strahlung bei annähernd konstanter Gesamtstrahlung
- geringerer Einfluß der Stromdichte auf die Strahlungsausbeute
- relative Unabhängigkeit der Feldstärke und Säulenleistung vom Argondruck.

Metalldampfentladungen sind aus applikativer Sicht sowohl als Lichtquelle als auch als Strahlungsquelle in der Meßtechnik von Bedeutung. Auf ihre Nützlichkeit bei der Reduzierung des Elektronenenergieverbrauchs wurde mehrfach hingewiesen. Aber auch für die Entwicklung der Gasentladungsphysik spielen Untersuchungen an solchen Entladungen eine große Rolle, da quantitative Aussagen theoretischer und experimenteller Art zu qualitativ neuen Anforderungen führen, wie am Beispiel der effektiven Lebensdauern gezeigt wurde.

Literatur

[1] *Riemann, M.*: Möglichkeiten und Grenzen der Steigerung der Licht- bei den derzeitigen Hauptlichtquellen für die allgemeine Beleuchtung. Wiss. Z. TH Ilmenau 30 (1984) 3, S. 153–163

[2] *Herzog, G.*: Persönliche Mitteilung. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

[3] *Kindel, E.; Lange, H.*: The 254 nm radiation output in Ar-Hg-discharge between tubes in coaxial configuration. Abstr. of the V. Int. Symp. on Science and Technology of Light Sources, York, 1989, S. 53–54
Kreher, J.; et al.: – ebenda –, S. 55–56

[4] *Schaal, G.; Stern, W.*: Bestimmung des UV-Strahlungsflusses im Ar-Hg-Plasma. Beitr. Plasmaphys. 13 (1973) 27

[5] *Sonnenburg, R.; Gündel, H.*: Dynamische Modellierung von Leuchtstofflampenplasmen. ELEKTRIE, Berlin 41 (1987) 1, S. 15–16

[6] *Winkler, R. B.*: et. al.: Kinetic of the Ar-Hg-Plasma of fluorescent lamp discharge. Ann. Phys. 40 (1983) 90, S. 90–139

[7] *Vriens, L.*: Energy bilance in low pressure gas discharges. J. Appl. Phys. 44 (1973), S. 3980–3989

[8] *van de Weijer, P.; Cremers, R. M. M.*: Pulse optical pumping in low pressure mercury discharge. Radiative Processes in Discharge Plasmas. ASI, Ser.B, Vol. 194, Plenum Press 1986, p. 65–93

[9] *Johnson, S. G.*; et. al.: Improved efficiency for fluorescent lamp by altering the mercury isotopic distribution. Abstr. of the III. Int. Syp. on Science and Technology of Light Sources, Toulouse 1983, S. 164–168

[10] *Waymouth, J. F.*: Electric Discharge Lamps, M.I.T. Press 1971

[11] *Kreher, J.; Stern, W.*: Contrib. Plasma Phys. 28 (1988) 185

EA 6179

ELIN

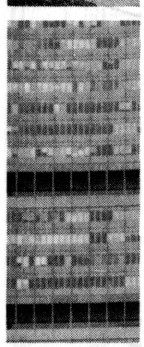
Partner für Energie

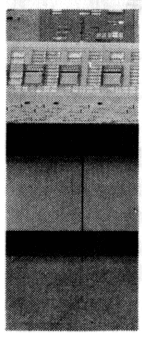
Wo elektrische Energie ist, da ist auch Elin. Ihr verläßlicher Partner für Energieversorgung und Energieanwendung.

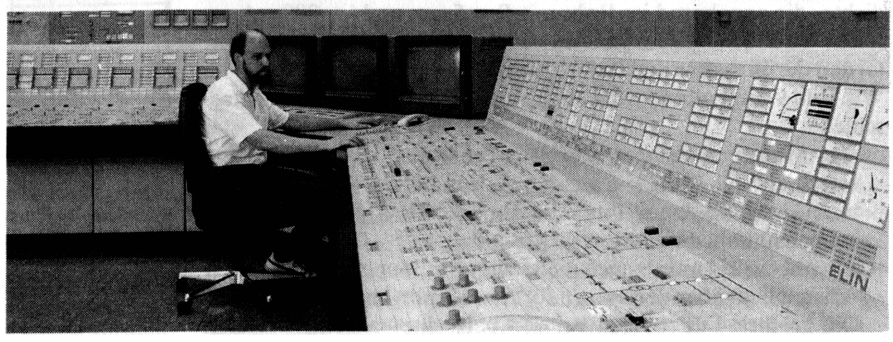
- Industrieanlagenbau
- Electronic
- Verkehrstechnik
- Installations- und Haustechnik
- Spezial- und Standardmotoren
- Wasserwerkstechnik
- Energiespeicher- und Antriebssysteme
- Frequenzumrichter
- Kraftwerksausrüstungen
- Energieverteilung
- Generatoren
- Transformatoren

Mehr über uns erfahren Sie in einer der nächsten Ausgaben.

Internationales Handelszentrum IHZ
Friedrichstraße, 1086 Berlin
15. Etage, Zimmer 1522 u. 1523
Postfach 19
Tel. 2096 2885, 2004 148







FACHTAGUNGEN

Lichttechnische Gemeinschaftstagung „Licht '90" in Rotterdam

Zu den wichtigsten lichttechnischen Fachkongressen in Europa gehören die lichttechnischen Gemeinschaftstagungen der deutschsprachigen Länder, die von den lichttechnischen Gesellschaften Deutschlands, der Niederlande, Österreichs und der Schweiz veranstaltet werden. Vom Inhalt her dienen sie vor allem dem Informationsaustausch für Beleuchtungstechnik einschließlich Design und Projektierung unter voller Einbeziehung moderner Lichtquellen und Lichtmeßtechnik.

Die 9. lichttechnische Gemeinschaftstagung „Licht '90" fand vom 21. bis 23. Mai 1990 im Kongreßzentrum „De Doelen" in Rotterdam statt. Die Bedeutung der Veranstaltung spiegelte sich in der Teilnahme von etwa 600 Lichttechnikern aus 14 Ländern wider. Die Fachvorträge und Posterbeiträge bezogen sich auf

- Innenbeleuchtung
- öffentliche Beleuchtung
- Gestaltung im Straßenraum
- Tunnelbeleuchtung
- Tageslicht
- Physiologie
- Farbe
- Blendung
- Leuchten

Die Tagung gab einen aktuellen Überblick über neue beleuchtungstechnische Lösungen und über Entwicklungsschwerpunkte der Lichttechnik in den 4 veranstaltenden Ländern. Deutlich wurde insbesondere, daß die Entwicklung der Beleuchtung entsprechend den steigenden Anforderungen der gesellschaftlichen Entwicklung hinsichtlich Produktivität und Arbeitsleistung, Sicherheit und Zuverlässigkeit, Reproduktion der Arbeitskraft und Wohlbefinden in der gesamten Infrastruktur mit Konsequenz verfolgt wird. Einen hohen Rang haben die weitergehende Anpassung der Beleuchtung an die Sehaufgaben, die Kostensenkung durch Qualitätserhöhung sowie Wirkungsgradsteigerung und die Erhöhung des Sehkomforts. Für das wirtschaftliche Umfeld wurden die Vorbereitung des gemeinsamen europäischen Marktes 1992 einschließlich der Erzeugnisstandardisierung, der Richtlinien-Vereinheitlichung und der Gesetz-Harmonisierung sowie die wirtschaftliche Öffnung der DDR und der osteuropäischen Länder hervorgehoben. Als Beispiel für Anliegen und einige Ergebnisse mögen die folgenden ausgewählten Zusammenfassungen dienen.

E. Klein (Traunreut) berichtete über die „Europäische Normung auf dem Gebiet der angewandten Lichttechnik" durch das Komitee CEN-TC 169, das CIE-, ISO- und andere internationale Empfehlungen in europäische Normen einarbeitet. Der Rechtsstand wird dadurch charakterisiert, daß Euronormen wie nationale Normen zunächst unverbindliche Empfehlungen sind. Sie werden erst durch Gesetze, Verordnungen, EG-Richtlinien rechtlich verbindlich für die Länder.

Über „Lichterzeugung und die Umwelt" sprach *G. Rouweler* (Eindhoven). An Hand von Ökobilanzen werden die mit den Lichtquellen im Zusammenhang stehenden Auswirkungen auf die Umwelt analysiert. Damit erfolgt eine Bewertung („Integraler Umwelteffekt") für die Gesellschaft, und der Verbraucher kann zwischen Alternativen entscheiden. Da die Hauptemission über den Energieverbrauch auf den Kraftwerken beruhen, ist die Emission, bezogen auf die Lichtmenge (1 M lmh), für die Glühlampe wesentlich höher als für Leuchtstofflampen und Kompaktlampen SL (s. Tafel 1).

Die Ökobilanz ist als Grundlage für die Produktkennzeichnung mit einem Umweltsymbol („Ökozeichen") vorgesehen.

In dem Beitrag „Verkaufsraumbeleuchtung und Verkaufsraumkonzeption" gingen *W. van Bommel* und *F. van Gils* (Eindhoven) auf die graphische Darstellung der Verkaufsraumkonzeption durch eine Matrix in einer Fläche nach Preisklasse/Geschäftsimage und Artikelbreite/Verkaufsstil ein. Die Darstellung ermöglicht eine qualifizierte Zuordnung der Beleuchtungsstärke, der Lichtfarbe, der Farbwiedergabe und der Anzahl, Stärke sowie Schärfe der Lichtakzente. Das Schema des Verkaufsraumkonzepts bietet dem Beleuchtungsdesigner die Möglichkeit, den Entwurf auf die Käuferzielgruppe abzustimmen, die der Auftraggeber ansprechen will.

J. M. L. Cunnen (Eindhoven) ging davon aus, daß durch die „Bürobeleuchtung der 90er Jahre" visuelle Leistung, Sehkomfort und Atmosphäre bestimmt werden, und zwar analog zur Gestaltung der Büroarbeitsplätze mit starker Differenzierung, z. B. nach Tätigkeiten, Funktion, Position und Image des Mitarbeiters. So wird der visuelle Raum durch visuelle Anforderungen und Architektur sowie Einrichtung bestimmt. Als Ziel wird verfolgt, daß der Mensch seine Arbeitsaufgaben mit maximaler Effizienz zur vollsten Zufriedenheit erfüllen kann.

C. Schierz und H. Krüger (Zürich) analysierten die „Beleuchtung von Arbeitsplätzen mit Bildschirmunterstützung" mittels Untersuchung von 4 Beleuchtungsarten für Arbeitsplätze mit Bildschirmunterstützung:

- Indirekt-Beleuchtung
- Direkt-Indirekt-Beleuchtung
- Direkt-Beleuchtung mit tiefbreitstrahlender Lichtstärkeverteilung
- Direkt-Beleuchtung mit tiefstrahlender Lichtstärkeverteilung

Gemessen wurden Beleuchtungsstärkeverteilung, Leuchtdichteverteilung, Kontrastwiedergabe und Schattigkeit. Bei einer Befragung erhielt die Direkt-Indirekt-Beleuchtung, obwohl sie nicht der DIN 5035 entsprach, die höchste Akzeptanz. Die Erklärung wird darin gesehen, daß ergänzend zu den Blendbegrenzungskurven auch anzustrebende mittlere Leuchtdichten für jeden Blickerhebungswinkel zusätzliche Informationen über die Güte einer Beleuchtung vermitteln können.

Die Untersuchungen von *H.-J. Hentschel* (Traunreut) bezogen sich auf „Bevorzugte Leuchtdichtebereiche in der Innenbeleuchtung und ihre Umsetzung in die Praxis der Leuchtdichtetechnik".

Aus Untersuchungen in einem realen Büroraum mit 27 Versuchspersonen werden die in Tafel 2 aufgeführten Leuchtdichte-Verhältnisse als Richtwerte empfohlen.

„Neue Lichtquellen für die Sportstättenbeleuchtung" waren Gegenstand des Vortrages von *J. Heider* (München).

Die neuen Halogen-Metalldampflampen HQI-TS 2000 W/D/S und HQI-TS 1000 W/D/S besitzen mit 99 lm/W bzw. 96 lm/W gegenüber der älteren HQI-TS 2000 W/D mit 82 lm/W eine um ca. 20 % erhöhte System-Lichtausbeute bei gleicher Farbqualität und nur teilweise verringerter Le-

Tafel 1. Vergleich der auf die Lichtmenge bezogenen Emissionen

			Glühlampe	Leuchtstoff-lampe	Kompaktlampe SL
Luft:	CO_2	(kg)	36,0	5,7	8,7
	NO_x	(kg)	0,11	0,017	0,027
	SO_2	(kg)	0,13	0,021	0,032
	Staub	(g)	6,8	1,1	1,7
	Metalle	(g)	0,032	0,0036	0,0016
	Butylacetat	(g)	–	0,14	0,28
	Radioaktivität	(kBq)	800	130	200
Boden:	Schlacke	(g)	1800	290	440
	Metalle	(g)	3,6	1,0	6,2
Wasser:	Tritium	(kBq)	0,04	0,0064	0,0098

Tafel 2. Leuchtdichte-Verhältnisse für Büroräume

Unmittelbares Umfeld:		
Arbeitsfläche (Tisch)	zu Sehaufgabe:	$0{,}7 > L_u : L_i > 0{,}2$
Stellwände	zu Sehaufgabe:	$0{,}7 > L_{PW} : L_i > 0{,}2$
Wände	zu Sehaufgabe:	$0{,}8 > L_W : L_i > 0{,}2$
Weiteres Umfeld:		
Decke	zu Sehaufgabe:	$3{,}0 > L_D : L_i > 0{,}2$

L – Leuchtdichte; i – Infeld (Sehaufgabe); U – unmittelbares Umfeld (Arbeitstisch); W – Wände; PW – Trennwände

bensdauer. Kompakte Bauform (Verzicht auf Außenkolben durch Gewährleistung hinreichend verringerter Temperaturen am Quetschende der Stromdurchführungen) und geringe Brennlagenabhängigkeit ermöglichen kleinere Scheinwerfer und damit geringere Windlasten der Leuchten.

Neuentwickelte Natrium-Hochdrucklampen und Halogen-Metalldampflampen erläuterte *W. Wendel* (München) in seinem Beitrag „Neue Lichtquellen für industrielle Hallenbeleuchtung". Bei Natrium-Hochdrucklampen wurden 2 neue „Lampenfamilien" entwickelt:

- farbverbesserte Natrium-Hochdrucklampen NAV DE LUXE mit $R_a = 65$, $T_F = 2200$ K und 93 lm/W für 400 W.
- Natrium-Hochdrucklampen erhöhter Lichtausbeute mit $R_a = 20$, $T_F = 2000$ K wie bei der bisherigen Standardlampe, aber mit einer Lichtausbeutesteigerung von bis zu 22 %. Damit erreicht die NAV-T 600 W SUPER (Röhrenform) den Spitzenwert von 150 lm/W, d. h. 90000 lm.

Bei Halogen-Metalldampflampen stehen jetzt 3 Typengruppen zur Verfügung, die bei 400 W (am NAV-400 W-Vorschaltgerät) bis 88 lm/W bei sehr guter Farbwiedergabe ($R_a = 93$) erreichen:

- HQI-E 400 W/D: 78 lm/W, 5000 K
- HQI-T 400 W/D: 83 lm/W, 5200 K
- HQI-TS 400 W/D: 88 lm/W, 5200 K.

Über „Halogenglühlampen, neue Technologie IRC" sprach *D. Schneider* (München).

Die Nutzung der von der Halogenglühlampe selbst erzeugten IR-Strahlung zur Aufheizung der Wendel durch infrarotreflektierende Schichten (infrared coated) auf dem Röhrenkolben ermöglicht Effizienzsteigerungen bis ca. 30 %.

J. Reinhardt, H. Kaase, L. Hänisch (Berlin) berichteten über das „Betriebsverhalten einer Solarleuchten-Versuchsanlage". In Vorbereitung der Planung für Berlin-West, 1 MW photovaltaisch erzeugte Leistung in dezentralen Anlagen aufzubauen, sind 2 Solarleuchten für die Straßenbeleuchtung in Erprobung und dienen als Grundlage für die weitere Optimierung. Die Leuchten sind mit 4 m^2 Solarzellen und 8 Kompaktleuchtstofflampen bestückt. Batterieaufladung und -entladung sowie Anzahl der betriebenen Lampen werden überwacht und entsprechend geregelt. Der maximale momentane Wirkungsgrad der Anlage liegt bei 4 %. Die Energiekosteneinsparung liegt bei maximal 90 DM pro Leuchte und Jahr. Rentabilität ist für besondere Einsatzgebiete zu erwarten, die mit einem hohen Aufwand für den Netzanschluß verbunden sind. Die „Einflüsse von Betriebsgeräten auf die Verwendbarkeit von Hochdruck-Entladungslampen in der Innenraumbeleuchtung" untersuchte *P. Novak* (Dornbirn).

Nicht zuletzt durch Fortschritte bei Vorschalt- und Zündgeräten konnten moderne Hochdrucklampen ihre Eignung für die Innenraumbeleuchtung unter Beweis stellen. Halogen-Metalldampflampen erfordern eine Impedanzgenauigkeit von ± 2 %. Wesentlich ist der Schutz gegen Übertemperaturen des Vorschaltgerätes sowie auch des elektronischen Zündgerätes.

Mit einem elektronischen Vorschaltgerät für Impulsbetrieb erreicht eine speziell entwickelte Natrium-Hochdrucklampe 95 W einen Lichtstrom von über 5000 lm, eine Lebensdauer von 10000 h und eine Farbtemperatur von 2800 K („weiße Natrium-Hochdrucklampe"). An elektronischen Vorschaltgeräten können 70-W-Halogen-Metalldampflampen mit definiertem Frequenzfenster und 32-W-Halogen-Metalldampflampen für Gleichstrombetrieb verwendet werden.

Der hohe Stand der Anwendung der Computer-Berechnung und -Grafik wurde dargestellt durch die Beiträge „Computergrafik zur Beleuchtungsplanung" von *A. D. Tenner* (Eindhoven), „Vergleichende Untersuchungen zwischen einem Versuchsraum und seiner Simulation am Graphikbildschirm" von *P. Dehoff* und *D. Zembrot* (Dornbirn), „Computerbeleuchtungsberechnung – wo beginnen die Fragen?" von *C. G. Rienks* und *J. Meutzner* (Amersfoort) und „Vergleich gemessener und berechneter Beleuchtungsstärke-Verteilungen von Direkt- und Indirekt-Beleuchtungssystemen im Innenraum" von *A. Stockmar* (Celle).

Als Ergebnisse der DDR erläuterten *V. Nickel* (Berlin) „SILEITS (Sensor-Integriertes Licht-Energie-Informations-Transport-System)" und *R. Baer, A. Dziedzic-Böttger* und *L. Grambow* die „Verbesserung der Aussage für die Beleuchtungsstärkeverteilung in fernsehgerecht beleuchteten Sportanlagen bei Berechnung für variable Vertikalebenen in Richtung der Aufnahmekameras".

Zur Abrundung der Tagung trugen 2 kunstorientierte Vorträge bei, und zwar von *A. Klompenhouwer* (Sliedrecht) und *R. Visser* (Amersfoort) über „Funktionelles Licht integriert in Kunst" und von *T. Krzeszowiak* (Wien) über „Laserlicht im Theater". Die Rotterdamer Licht-Konferenz zeigte, daß der Informationsaustausch im Zwei-Jahres-Rhythmus über lichttechnische Fortschritte in den eingangs genannten 4 westeuropäischen Ländern zweckmäßig und für das gemeinsame Vorgehen auch notwendig ist.

Die 10. Gemeinschaftstagung findet im September 1992 in Saarbrücken statt.

J. Wolff, Berlin EK 4265

KURZBERICHTE

Weltlichtschau auf der Hannover Messe Industrie '90

Die Weltlichtschau findet jährlich als eine der großen Fachmessen innerhalb der Hannover Messe Industrie statt. Sie gilt nach Umfang und Tradition national und international als Informations- und Ordermesse Nr. 1 zum Thema Licht. Über 400 Aussteller aus 24 Ländern, darunter 2 aus der DDR, präsentierten in diesem Jahr in den Hallen 9 und 10 wieder ein breites Spektrum innovativer Lichtquellen und Leuchten, ergänzt durch Elektroinstallation und elektrische Betriebs- und Gebäudetechnik in Halle 8.

Im folgenden soll über die Weltlichtschau insbesondere unter dem Blickwinkel berichtet werden, welche Innovationsfelder von den marktführenden Firmen herausgestellt wurden.

Die Weltlichtschau stand vor dem Hintergrund einer anhaltenden Konjunktur und auch 1989 erneut überdurchschnittlicher Wachstumsraten der Lampen- und Leuchtenindustrie der BRD. Nach Informationen des Zentralverbandes der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (ZVEI) erhöhte sich der Produktionswert elektrischer Lampen um 14 % auf über 1,9 Milliarden DM, während die Leuchtenproduktion um gut 8 % auf 3,8 Milliarden DM gesteigert wurde. Bei elektrischen Lampen stieg die Produktion von Entladungslampen um 16 % auf fast 0,9 Milliarden DM und von Glühlampen um 13 % auf über 1 Milliarde DM. Dieses Wachstum wiederum wurde vor allem durch zunehmende Verbreitung der Halogenglühlampen im Niedervoltbereich geprägt. Durch geringe Abmessungen, lange Lebensdauer und hohe Lichtausbeute erobern Halogenglühlampen nicht nur zusätzliche Anwendungsbereiche, sondern sie substituieren zum Teil auch normale Glühlampen im privaten Bereich. Zum weiteren Vordringen der Leuchtstofflampen trägt die ständig zunehmende Akzeptanz der kompakten Leuchtstofflampen wesentlich bei. In der privaten Anwendung wird diese Lichtquelle in Form der sogenannten Energiesparlampen, d. h. mit integriertem, meist elektronischem Vorschaltgerät eingesetzt, während die kompakten Abmessungen dieser Lampen in der professionellen Anwendung neue Leuchtengeometrien fördern. In der BRD stieg die Produktivität bei Lichtquellen 1989 um 7 % auf einen Jahresproduktionswert von 172 TDM je Beschäftigten.

In der Leuchtenindustrie wurden 1989 überproportionale Zuwachsraten bei technischen Innenleuchten für Entladungslampen (9,5 %) sowie bei Strahlerleuchten (13,7 %) erzielt. Die Sanierung veralterter Anlagen vor allem im Büro- und Verwaltungsbereich sowie die Akzentbeleuchtung gehören zu den wichtigsten und weiterhin expansiven Marktfeldern der Innenraum-

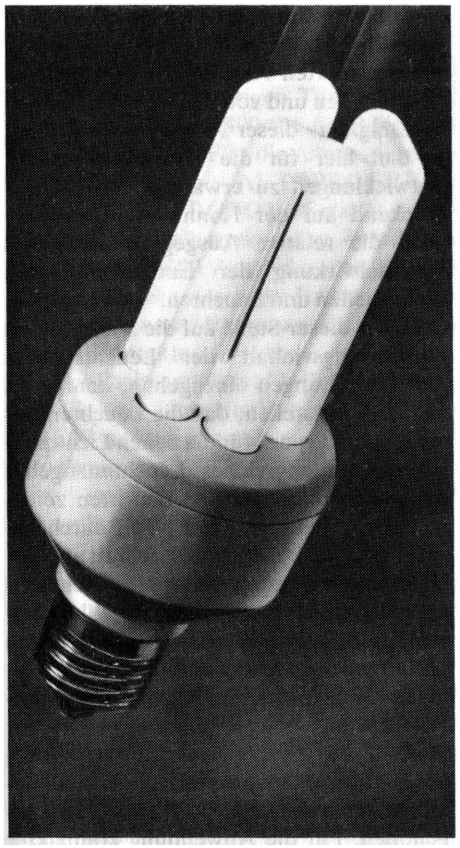


Bild 1. Kompakte Leuchtstofflampe in 3-Rohr-Technik (3 Doppelrohre) mit Schraubsockel und elektronischem Vorschaltgerät von OSRAM
(*Foto*: OSRAM)

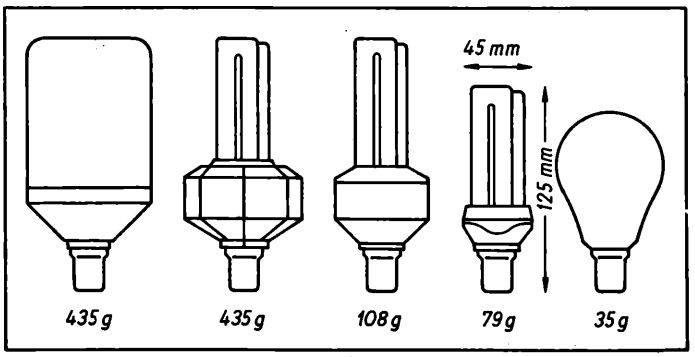


Bild 2. Verringerung von Gewicht und Baulänge der Vierrohrlampen (2 Doppelrohre) 11 W mit Schraubsockel und integriertem Vorschaltgerät von GTE SYLVANIA (*Zeichnung nach*: GTE SYLVANIA)

Beleuchtung. Die Architekturbeleuchtung gewinnt einen wachsenden Anteil. Eine besondere Rolle spielt die Kombination von Lichttechnik mit Wirtschaftlichkeit und repräsentativem Ambiente in Hotels, Foyers sowie im Handel und in Museen. Die öffentliche Außenbeleuchtung erzielte 1989 eine Zuwachsrate von 10 % gegenüber dem Vorjahr. Hier legt man zunehmend Wert auf ästhetisch anspruchsvoll gestaltete Straßen-„Räume".

Insgesamt erhöhte sich 1989 bei Leuchten in der BRD die Jahresproduktion je Beschäftigten um 2,6 % auf über 164 TDM.

Dieser grob skizzierte Entwicklungs- und Markttrend beinhaltet eine Vielzahl von lichttechnischen Produkten, die deutlich vom jüngsten Innovationsschub in der Lichtquellentechnik geprägt sind und auch auf der Hannover Messe 1990 mit etlichen Neuheiten sichtbar wurden.

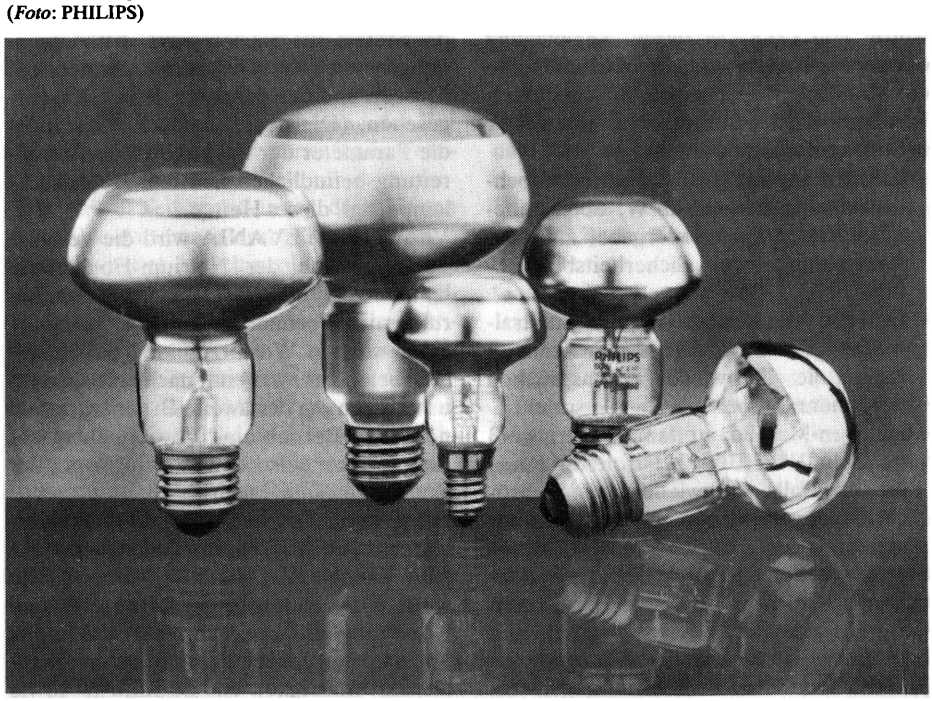
Bei kompakten Leuchtstofflampen wurde in den 80er Jahren ein reichhaltiges Typensortiment verschiedener Ausführungen für unterschiedliche Anwendungsschwerpunkte aufgebaut. Als Neuheit fügte OSRAM zur weiteren Verkürzung der Baulänge eine Ausführung mit 3 Doppelrohren (6 paarweise miteinander verbundene Rohre, im Dreieck gestellt) hinzu, und zwar in 15 W, 20 W und 23 W (entsprechen im Lichtstrom 75 W-, 100 W- bzw. 2 Stück 60 W-Glühlampen) mit Schraubsockel und elektronischem Vorschaltgerät. Diese 3-Doppelrohr-Technik wurde gleichzeitig bei den Globe- und Reflektor-Formen wirksam gemacht. Auch bei den Vierrohrlampen wurde von OSRAM eine weitere Verkürzung der Baulänge erzielt. Eine Verkleinerung der Vierrohrlampen durch weitere Miniaturisierung der integrierten elektronischen Vorschaltgeräte, verbunden mit einer Verringerung der Eigenerwärmung, wurde von PHILIPS und GTE SYLVANIA erreicht. Darüber hinaus wurde auch von GENERAL ELECTRIC, von GTE SYLVANIA und von THORN das Angebot bei kompakten Leuchtstofflampen weiter ausgebaut. Insbesondere wurde außerdem das Typenprogramm der 2-D-Lampen von THORN als flächenförmige kompakte Leuchtstofflampen, bisher 16, 28 und 38 W, in Richtung kleinerer Lichtstromeinheiten um eine 10-W-Type (entspricht im Lichtstrom etwa der 60-W-Glühlampe) in verschiedenen Lichtfarben ergänzt. Hervorzuheben sind die vielfältigen Aktivitäten seitens der Leuchtenbau-Firmen, dem breiten Angebot verschiedener kompakter Leuchtstofflampen mit einem hinsichtlich Design und Beleuchtungsqualität entsprechend breiten Angebot zu einem breiten und lichttechnisch vorteilhaften Einsatz zu verhelfen und die Eigenschaften der kompakten Leuchtstofflampen für die weitere Verbesserung der Beleuchtung wirksam zu machen.

Im Laufe der vergangenen Jahre ist das Sortiment von Halogen-Glühlampen in verschiedenen Ausführungsformen, insbesondere in der Niedervolt-Version, außerordentlich vielgestaltig geworden. Eine Reihe von Firmen hat sich um Erweiterung im Sortiment zur Hannover Messe bemüht, insbesondere OSRAM, PHILIPS, GTE SYLVANIA, GENERAL ELECTRIC, THORN. Die Neuheiten bezogen sich vor allem auf folgende Eigenschaften und Komponenten:

- Erweiterung der Spannungs- und Leistungstypen
- Metall- und Kaltlichtreflektoren mit unterschiedlichen, aber genau definierten Ausstrahlungswinkeln
- Frontscheiben zur Abdeckung der Reflektoren, teilweise mit spezieller Gestaltung zur Unterstützung der gerichteten Lichtausstrahlung
- präzise Positionierung und Gestaltung der Glühwendel, wie Axialwendel.

Auch bei Netzspannungs-Halogen-Glühlampen wurden weitere Anpassungsbemühungen für eine günstige Einsetzbarkeit deutlich. Hervorzuheben sind 110-V-Ty-

Bild 3. Reflektorlampen – Sortimentserweiterung mit der 1989 eingeführten neuen Reflektorform für verbesserte Lichtbündelung
(*Foto*: PHILIPS)



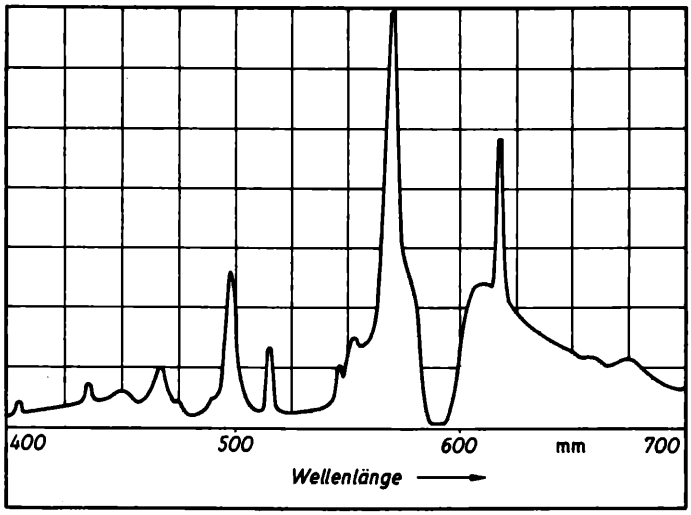


Bild 4. Spektrum der 95-W-Natriumhochdrucklampe mit weißem Licht von GENERAL ELECTRIC (*Zeichnung nach*: GENERAL ELECTRIC)

pen mit infrarotreflektierenden Außenschichten auf dem Röhrenkolben (OSRAM), die durch Reflexion der Infrarotstrahlung nach innen auf die Wendel die Wärmeabstrahlung bis zu 30 % reduzieren und durch Lichtausbeute-Erhöhung zu Energiekosteneinsparungen bis zu 30 % führen.

Erweitert wurde weiterhin das Typen- und Formenangebot bei Reflektor-Glühlampen. Insbesondere von PHILIPS und OSRAM betraf das die Gruppen der vor einem Jahr eingeführten neuen Form von Reflektor-Glühlampen, deren spezielle Kolben- und Reflektorform über Computer-Simulation des Strahlenganges optimiert wurde und die sich durch wesentlich verbesserte Lichtbündelung für die Akzentbeleuchtung auszeichnen.

Bei Hochdrucklampen konkurrieren zwei Lampenarten um Spitzenwerte: Halogen-Metalldampflampen und Natrium-Hochdrucklampen. Beide Lampenarten werden wegen ihrer unterschiedlichen Vorzüge konsequent im Typensortiment und in den Qualitätsparametern weiter ausgebaut, und die Präferenzen ergeben sich aus den Anforderungen des Einsatzgebietes. So wurde von OSRAM durch Angleichung der geometrischen und elektrischen Daten die Möglichkeit geschaffen, für die gleiche Leuchte zwischen 3 Lampenvarianten 70 W in Soffittenform zu wählen:

- lichtstromoptimierte Natrium-Hochdrucklampe mit 100 lm/W, aber unbefriedigender Farbwiedergabe, z. B. für Anstrahlung oder Sicherheitsbeleuchtung
- Halogen-Metalldampflampe neutralweiß mit 79 lm/W bei 4300 K Farbtemperatur, die Farbwiedergabeansprüchen der Innenraumbeleuchtung entspricht
- Halogen-Metalldampflampe warmweiß mit 71 lm/W bei 3000 K Farbtemperatur, die ebenfalls Farbwiedergabe-Ansprüchen der Innenraumbeleuchtung entspricht.

Fortschritte von OSRAM bei Halogen-Metalldampflampen führten bei der ganzen Gruppe der ein- und zweiseitig gesockelten Lampen zu Lichtstromerhöhungen bis 30 % bei Lichtausbeuteerhöhungen bis 20 % und Verbesserung der Farbwiedergabe. Neue Typen wurden von OSRAM, PHILIPS und GTE SYLVANIA vor allem für die Leistungstypen der breitesten Anwendung, nämlich zwischen 70 und 150 W, entwickelt.

Bei Natrium-Hochdrucklampen werden derzeitig die höchsten Lichtausbeutewerte erreicht. Spitzenreiter ist eine 600-W-Type in Röhrenform von OSRAM mit 150 lm/W. Die Neuentwicklungen von OSRAM, PHILIPS, GENERAL ELECTRIC und GTE SYLVANIA liegen im Bereich zwischen 70 und 150 W, dem breitesten Bedarfsfeld, ebenso wie bei Halogen-Metalldampflampen, und zwar in 2 Hauptrichtungen: maximale Lichtausbeute bei verringerter Farbqualität („lichtstromoptimiert") und verbesserte Farbwiedergabe auf Kosten der Lichtausbeute („farbverbessert").

Hervorzuheben ist eine „weiße" Natrium-Hochdrucklampe 95 W mit 2800 K Farbtemperatur (kein gelb-weißes Licht) und beeindruckend guter Farbwiedergabe R_a = 70) von GENERAL ELECTRIC. Der Betrieb erfolgt über ein elektronisches Betriebsgerät, die Lichtausbeute liegt bei 55 lm/W für die Lampe und bei 44 lm/W für das System mit Betriebsgerät. Als Anwendungsbereich sind Geschäfte, Restaurants, Museen und der Schaufensterbereich vorgesehen. (Die neue Lampe erreicht nicht die Parameter der bei NARVA in Vorbereitung befindlichen Natrium-Hochdrucklampe, vgl. dieses Heft.)

Von GTE SYLVANIA wird die gesamte Leistungsreihe der Natrium-Hochdrucklampen von 70 bis 400 W in einer Ausführung mit 2 Brennern angeboten. Im Sinne einer raschen Wiederzündung für Sicherheitsbeleuchtung brennt nach einer Stromunterbrechung der zweite Brenner, der im normalen Betrieb eine Verdoppelung der Lebensdauer, also eine Verringerung der Wartungskosten, bewirkt.

Als Entwicklungsschwerpunkt bei Lichtquellen werden, worauf vorstehend bei Einzelbeispielen bereits hingewiesen wurde, die elektronischen Betriebs- und Vorschaltgeräte deutlich. Hier sind in den vergangenen Jahren Fortschritte in Qualität, Zuverlässigkeit und Sortiments- sowie Anwendungsbreite erzielt worden, die ihre Vorteile wirksam werden ließen, ihnen einen gesicherten Platz in der Wertung gebracht haben und vor allem die solide Ausbaufähigkeit dieser Technik bezeugen, so daß hier für die Zukunft wertvolle Entwicklungen zu erwarten sind. Beeindruckend auf der Hannover Messe war auch die relative Ausgeglichenheit und Wechselwirkung der Entwicklung von Lichtquellen und Leuchten.

Ohne an dieser Stelle auf die Vielzahl und Ausführungsvielfalt der Leuchtenarten und -gestaltungen einzugehen, kann man zunächst feststellen, daß die Leuchtenhersteller gerade auch für die neuen Lichtquellen ein umfangreiches Leuchtenangebot entwickelt haben. Diese Leuchten zeichnen sich zu einem großen Teil durch anspruchsvolles Design mit Zuschnitt auf spezielle Anwendungsgebiete aus. Gleichzeitig machen sie durch ihre spezielle Konstruktion Gebrauch von den speziellen Lichtquellen-Eigenschaften, z. B. bei Halogen-Glühlampen für Akzent- und Spot-Beleuchtung. Als weiteres Beispiel sei der Ausbau des Spiegelrasterleuchten-Angebotes für die hochwertige Innenraumbeleuchtung mit Leuchtstofflampen hervorgehoben. Für die Anwendung kompakter Leuchtstofflampen in der Downlight-Beleuchtung werden spezielle Reflektoren angeboten. Als Grundlinie wird die ständige Bemühung um eine wachsende Qualität der Beleuchtung deutlich. Dieses Bemühen bezieht sich einmal direkt auf die Leuchten hinsichtlich Wirkungsgrad und Design, bezogen auf bestimmte und teilweise auch begrenzte Anwendungsgebiete. Es bezieht sich andererseits aber auch genauso auf die Gestaltung mit Licht und letztlich auf die Gestaltung einer Lebens- und Arbeitsumwelt, die die kreativitätsfördernden Wirkungen einer optimalen Beleuchtung nutzt. Gerade in dieser Richtung sind in den letzten Jahren qualitative Fortschritte in den Beleuchtungskonzeptionen erzielt worden.

So werden die „alten", gewohnten quantifizierten Wertungen der Beleuchtung nach Beleuchtungsstärke, Wirkungsgrad, Kontrast, Blendung usw. integriert in eine viel weiter greifende Wertung der Beleuchtung nach ihrer Wirkung hinsichtlich Aktivierung, Kreativität, Arbeitsleistung, aber auch der Entspannung, je nach Anwendungsziel. Eine solche Sicht begründet auch die verstärkte Einbeziehung subjektiver und Akzeptanz-Analysen und Wertungen der Beleuchtung bzw. bestimmter Beleuchtungsanlagen bis hin zur subjektiven Variierbarkeit z. B. guter Lösungen für die Arbeitsplatzbeleuchtung im Büro. Die Stärke der Marktführer auf dem Leuchtensektor liegt zunehmend in der computergestützten Vorarbeit für Beleuchtungsprojekte und ihre der speziellen Beleuchtungsaufgabe angepaßten Optimierung. Und mit ihren Stärken prägten sie die Weltlichtschau in der Hannover Messe Industrie 1990.

J. Wolff, Berlin EK 4254

AUTOPROGRESS – WELDING – ROBOT

Gemäß dem zweijährigen Turnus fanden vom 5. bis 9. März 1990 auf dem Messegelände in Brno (ČSFR) die internationalen Fachausstellungen AUTOPROGRESS, WELDING und ROBOT '90 statt.

An dem Ausstellungskomplex beteiligten sich mehr als 400 Aussteller aus 21 Ländern. Er bildet einen guten Rahmen für die Anbahnung neuer kommerzieller und technischer Kontakte.

Auf der Fachausstellung für Kraftfahrzeugtechnik und Umweltschutz AUTOPROGRESS stellten erstmals auch private Unternehmen aus.

Die internationale Ausstellung für Schweißtechnik WELDING ist eine komplette Leistungsschau der Schweißtechnik, der Schweißtechnologien, der Zusatzwerkstoffe, der Geräte zum schweißnahen Testen und der Arbeitsschutzmittel. Prognosen besagen, daß in naher Zukunft das Schweißen in CO_2-Schutzgasatmosphäre verstärkt angewendet und möglicherweise allmählich die Lichtbogenschweißung ersetzt wird. Widerstandsschweißmethoden und Elektronen- sowie Laserschweißen sollen umfassender zur Anwendung kommen.

Wie die Fachausstellung für Industrieroboter ROBOT erkennen ließ, gehen die Entwicklungen von einzelnen Robotern und Manipulatoren in Richtung roboterbestückter Arbeitsplätze und technologischer Komplexe. Zusätzlich zu der Exponatenschau wurde von den Häusern der Technik der ČSVTS Brno, Bratislava und Pardubice ein wissenschaftlich-technisches Programm geboten.

Wissenschaftlich-technisches Programm zur Fachausstellung AUTOPROGRESS

Einen breiten Raum nahm bei der ersten Veranstaltung zu Fragen der Lagerung, Behandlung und des Transports von Erdöl die Problematik der Erdölreinigung ein. Die Verbesserung der Parameter bei allen hydraulischen Systemen – auch im Hinblick auf deren Effektivität und Präzision – erfordert eine optimale Reinheit des Betriebsmittels Öl. Nur bei sorgfältig aufbereitetem und ausgewähltem Öl kann eine hohe Zuverlässigkeit und Funktionstüchtigkeit der einzelnen hydraulischen Bauteile und Baugruppen erreicht werden. Die gewissenhafte Filterung und damit kontinuierliche Reinhaltung des Öles ermöglicht auch die Erhöhung der Einsatzdauer. Dieser Problematik war eine zweite Veranstaltung gewidmet, wobei insbesondere auch die ökologische Seite dieses Problemkreises unterstrichen wurde.

Wissenschaftlich-technisches Programm zur Fachausstellung WELDING

Die Vorträge der drei Konferenzen befaßten sich mit dem Industrierobotereinsatz, der Automatisierung und Mechanisierung der Schweißprozesse sowie der Mikroelektronik und deren Beitrag zur Steuerung und Analyse des Schweißprozesses in allen seinen Phasen.

Wissenschaftlich-technisches Programm zur Fachausstellung ROBOT

Die vier Konferenzen dieses internationalen Kongresses umfaßten ca. 50 Vorträge und wurden von etwa 500 Teilnehmern des In- und Auslandes besucht. Die erste Sektion stand unter dem Thema „Progressive Tendenzen der Konstruktion von Bauelementen und Vorrichtungen zur komplexen Automatisierung" und hatte zum Inhalt

- Methoden und Verfahren des Entwurfs von Bauelementen und Einrichtungen für automatisierte Produktionssysteme
- moderne konstruktive Lösungen bei Industrierobotern, Manipulatoren und peripheren Einrichtungen
- unkonventionelle Lösungen beim Bau von Automatisierungsmitteln
- Steuerungstechnik und sensorische Ausrüstung automatisierter Produktionssysteme.

Die zweite Konferenz befaßte sich mit der Problematik „Einsatz von Industrierobotern bei der komplexen Automatisierung der Produktion" und befaßte sich mit

- neuesten Tendenzen der Entwicklung der Robotertechnik und komplexen Automatisierung der Produktion im Weltmaßstab
- Entwicklungsrichtungen im Aufbau automatisierter Betriebe
- Beispielen der effektiven Applikation von Roboterarbeitsplätzen und Produktionssystemen auf den wichtigsten technologischen Gebieten des Maschinenbaus
- Erfahrungen beim Einsatz automatisierter und roboterbestückter Montagesysteme
- Beispielen des Einsatzes automatisierter Transportsysteme und Manipulatoren zwischen unterschiedlichen technologischen Bereichen
- Steuerung automatisierter Produktionssysteme auf der Basis der Personalcomputer
- Erfahrungen bei der Sicherung der Zuverlässigkeit der Komponenten in Fertigungssystemen.

Der dritte Teil stand unter dem Thema „Flexible Automatisierung der Produktion außerhalb des Maschinenbaues" und befaßte sich unter der Zielstellung der Steigerung der Arbeitsproduktivität, der Erhöhung der Qualität der Erzeugnisse, der Adaption der Produkte an die Kundenforderungen sowie Reduzierung von Fertigungskosten mit Erkenntnissen und Erfahrungen bei der Lösung von Automatisierungsaufgaben in Textil-, Bekleidungs-, Schuh-, Holz- und Glasindustrie mit Rücksicht auf die Sicherung einer Flexibilität der Produktionssysteme, die über Rechner gesteuert werden.

Bei der vierten Sektion stand unter dem Thema „Realisierung von CAD/CAM-Systemen im Maschinenbau" der Problemkreis der durchgängig automatisierten Fertigung auf der Tagesordnung. Nach offizieller Pressemitteilung (Informationsbulletin „AUTOPROGRESS – WELDING – ROBOT/Brno 90" Nr. 4 vom 8. März 1990) konnten sich im tschechoslowakischen Maschinenbau und in der Elektrotechnik die Spitzentechnologien und modernen Methoden der Arbeitsorganisation bisher nicht durchsetzen, und der Anteil von automatisch arbeitenden Maschinen liegt nur bei 13 %. Lediglich 1,7 % davon sind numerisch gesteuerte Maschinen. Mehrfach wurde auf die steigende Bedeutung der Industrieroboter bei der Entwicklung neuartiger Technologien der Trenntechnik, der Verbindungstechnik und der Oberflächenveredlung hingewiesen. Rückläufige Tendenz zeichnet sich bei Beschikkungsrobotern ab. Diese Automatisierungseinrichtungen werden zunehmend Bestandteil von Produktionskomplexen mit integrierten Steuerungssystemen. Wie die Ausstellung erkennen ließ, zeichnet sich bei vielen realisierten Lösungen der Trend zum „maßgeschneiderten" Zusammensetzen der gewünschten Industrierobotermodule zu Fertigungskomplexen ab.

Eine Vielzahl hochinteressanter Vorträge von Vertretern aus Industrie und Forschungsinstitutionen ließ die Bemühungen um einen deutlichen wirtschaftlichen Aufschwung im sozialistischen Wirtschaftsgebiet erkennen. Andererseits wurde auch nicht verschwiegen, daß erheblicher Rückstand auf dem Gebiet der Steuerungs- und Meßtechnik aufzuholen ist.

Die 7. internationale Ausstellung für Industrieroboter zeigte

- industrieroboterbestückte Arbeitsplätze und Fertigungszellen
- Industrieroboter
- Hilfsvorrichtungen für Roboterarbeitsplätze
- Steuerungstechnik
- Roboterbaugruppen
- Sensoren und Meßeinrichtungen
- CAD/CAM-Arbeitsplätze für Industrieroboterbestückte.

Stellvertretend für die Vielzahl der Exponate können die mit Diplomen und Goldmedaillen ausgezeichneten Produkte einen Hinweis auf das Niveau der Ausstellung und die Breite der Palette von Erzeugnissen geben.

Goldmedaillen erhielten:

1. Servoantriebsmotoren in Form von kontakt- und bürstenlosen Sechspolmotoren für flexible Fertigungssysteme, von denen bis zu sechs Stück unabhängig voneinander durch einen gemeinsamen Transistorumformer gesteuert werden können
2. ein industrieroboterbestückter Montagekomplex, der modular aufgebaut ist und der automatisierten Montage von 14 Ölfiltern je Zyklus dient
3. optoelektronisches Kamerasystem zur Vermessung von Schweißnahtfugen, dessen Informationen zur Steuerung

von Lichtbogenschweißrobotern genutzt werden, wodurch bei geringem Umfang mechanischer Bauelemente hohe Maßgenauigkeit und präzise Adaption gesichert werden.

Zu den mit Diplomen der Ausstellung ROBOT ausgezeichneten Produkten gehören:

1. eine industrieroboterbestückte Montagemaschine
2. das Kontroll-, Informations- und Steuersystem KIRS
3. eine automatisierte Meßstelle
4. Satz von Technologie- und Handhabeeinheiten zur automatischen Montage von Maschinenbauprodukten
5. Modulbaukasten für technische und Programmierungsmittel für Steuer- und Antriebssysteme für Industrieroboter
6. flexibler technologischer Roboterarbeitsplatz mit auswechselbaren Köpfen mit Punktschweißzange und Schweißbrenner
7. Lineareinheit SLT 015.

Verständlicherweise ist eine Trennung der beiden Ausstellungen ROBOT und WELDING auf Grund der funktionell bedingten Integration von Handhabeaufgaben beim Schweißprozeß nicht möglich. Ganz im Gegenteil, die Schweißtechnik bietet vielseitige Einsatzmöglichkeiten von Industrieroboter einschließlich einer intelligenten Peripherie. Schon die vorhergehenden Ausstellungen in Brno (ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 10, S. 390) ließen die Tendenz zur komplexen Automatisierung erkennen, die beispielsweise ZTS Kombinat Martin mit seinen zwei technologischen Komplexen auch in diesem Jahr demonstrierte. In mobilen Systemen MRS wurden zwei leitliniengeführte Roboter (Robocar NL12-00/1 und Robocar NBG 29/1) vorgestellt, die in flexibler Weise technologische Einheiten, Industrieroboter sowie Palettenstapel- und -transporteinrichtungen miteinander verbinden.

Bei einer zusammenfassenden Betrachtung der Ausstellungen erscheinen folgende Aspekte bemerkenswert:

1. Die umfangreiche Zusammenarbeit und gemeinschaftliche Lösung komplexer Aufgabenstellungen der Automatisierungstechnik wie auch der steigende Umfang an Lizenzerzeugnissen sind als Ausdruck zunehmender Arbeitsteilung im Sinne einer Spezialisierung zu werten. Schlossen sich früher fast ausschließlich Betriebe des sozialistischen Wirtschaftsgebietes zusammen, z. B. Interrobot/IWPV Robot, so ist in jüngster Vergangenheit der Drang zur Ost-West-Kooperation unübersehbar. Dabei treten für den aufmerksamen Fachmann die neuerzeugten Innovationen deutlich hervor. Beispielsweise zeigte die Sowjetunion eine Lizenzfertigung des Kuka-Industrieroboters unter der Bezeichnung PR 161/60 und die Firma Kuka stellte eine neue Robotergeneration mit bürstenlosen Antrieben, d. h. wechselrichtergespeisten Drehstrommotoren, vor. Häufig finden die arbeitsteiligen Prozesse ihren Ausdruck darin, daß Industrieroboter bzw. periphere Module renommierter Herstellerfirmen mit technologischen Einheiten oder Vorrichtungen anderer Spezialbetriebe nachgerüstet angeboten werden.
2. Hinsichtlich der Antriebstechnik ist festzustellen, daß bis zu erheblichen Abmessungen der elektromotorische Antrieb die Oberhand hat. Pneumatisch betriebene Industrieroboter finden vor allem im Bereich geringer Handhabemassen und schneller Bewegungen Anwendung. Die Hydraulik dominiert dann, wenn es gilt, die unübertroffene Leistungsdichte zu nutzen und große Massen auch mit hoher Präzision umzusetzen.
3. Die Industrieroboter-Bauarten lassen eindeutig den Trend zur Dreh- bzw. Schwenkbewegung erkennen, wobei Längsverfahreinheiten häufig in Form von Konsolen oder Portalen anzutreffen sind. Auch steigt deutlich der Anteil der Gelenkroboterkonstruktionen mit senkrecht angeordneten parallelen Drehachsen.
4. Die Art der Aufstellung des Industrieroboters – Ständer-, Portal- oder Hukkepack-Bauweise – wird im allgemeinen von der technologischen Gesamtkonzeption des Fertigungskomplexes bestimmt.
5. Deutliche Fortschritte sind auf dem Gebiet der Sensorik und mikroelektronischen Steuerungstechnik zu sehen.
   Dadurch wird höhere Flexibilität und Integration weiterer Einheiten in die Automatisierungskomplexe erreicht. So sind Bewegungen bis zu 16 Achsen mittels einer Industrierobotersteuerung durchaus eine gängige Größenordnung, wobei auch das Zusammenwirken zweier Industrieroboter ermöglicht wird.

G. Tippmann, Chemnitz

EK 4222

Energie für die Welt von morgen

Der Weltenergierat (World Energy Council) hat eine Kommission „Energie für die Welt von morgen – Realitäten, reale Lösungsvarianten und Schritte für deren Realisierung" ins Leben gerufen. Die Aufgabe dieser Kommission ist es, Strategien zu erarbeiten und Empfehlungen zu geben, wie weltweit in optimaler Weise eine zweckentsprechende und ausreichende Energiebereitstellung gesichert werden kann. Dabei werden die Erfordernisse des Umweltschutzes mit der globalen wirtschaftlichen Entwicklung in entsprechenden Einklang gebracht.

Der Weltenergierat mit seinen 90 Mitgliedsländerkomitees besitzt als einzige nichtstaatliche und nichtkommerzielle Energieorganisation, die sich mit allen nutzbaren Energieformen befaßt, eine einzigartige Ausgangsposition für die Arbeit einer solchen Kommission. Auch das Nationalkomitee der DDR, seit 1970 ein aktives Mitglied des Rates, ist zur Mitarbeit aufgerufen.

Die Arbeit der Kommission „Energie für die Welt von morgen" wird die Berichterstattung der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen ergänzen. Ziel ist es, herauszufinden, wie dem legitimen Streben nach wirtschaftlichem Wachstum und dem damit verbundenen Energiebedarf weltweit unter Berücksichtigung der gegebenen lokalen, regionalen und globalen Restriktionen hinsichtlich Umwelt, Technologie, Wirtschaft sowie finanzieller und sozialer Belange am besten entsprochen werden kann. Der Bericht der Kommission wird die Herausarbeitung von strategischen Entwicklungsrichtungen in den Mittelpunkt stellen. Er wird ausgewogene objektive Fakten beinhalten, die auf der energetischen Praxis und der Einschätzung von internationalen Experten auf dem Gebiet des Umweltschutzes, der rationellen Energieanwendung, der Energietechnologie, der Finanzen und der Ökonomie beruhen. Schlußfolgerungen in Form eines Ablaufplanes für deren Umsetzung werden gegeben werden, die sowohl an nationale als auch internationale Entscheidungsgremien auf dem Gebiet der Energiewirtschaft gerichtet sind. Die Kommission wird sowohl regionale als auch globale Arbeiten einbeziehen, um zu sichern, daß regionale Probleme identifiziert werden, bevor sie im globalen Maßstab zusammengefaßt werden. Die Arbeit der WEC-Kommission wird mit Hilfe einer kleinen Projekt-Management-Gruppe von Spezialisten mit Standort in London geleitet. Neben ihren 90 Mitgliedsländerkomitees wird die Kommission die Fachkenntnisse von solchen Organisationen berücksichtigen, wie des Stockholmer Umweltinstituts, der Weltbank, der Internationalen Energiebehörde, der OPEC, des Massachusetts Instituts für Technologie, der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, der verschiedenen Gremien der Vereinten Nationen und wichtiger internationaler Organisationen, die sich mit verschiedenen Energiearten befassen. Die Erkenntnisse der Arbeit werden auf bedeutenden internationalen Konferenzen sowie auf dem 15. WEC-Kongreß, der im September 1992 in Madrid stattfinden wird, veröffentlicht werden. Mit der Arbeit dieser Kommission möchte der Weltenergierat durch die Ausgewogenheit der in den Bericht der Kommission eingehenden Fakten und in Ergänzung der Schlußfolgerungen der UN-Weltkommission für Umwelt und Entwicklung zur weltweiten wirtschaftlichen Entwicklung beitragen. Diesbezüglich sind auch Anregungen und Hinweise aus der DDR gefragt.

Diese können gerichtet werden an das Nationalkomitee der DDR in der WEC, Torgauer Str. 114, Leipzig, 7024.

M. Pustal, Leipzig

EK 4223

AUS ANDEREN ZEITSCHRIFTEN

Digitale Signalprozessoren in der Antriebstechnik

Stern, M.; Lehmann, R.: Innovation in Drives by DSPs. PCIM EUROPE 2 (1990) 2, S. 102–110 ([1])

Davis, S.: Motion Control Processors Of the 90s: DSP Chips. PCIM EUROPE 1 (1989) 1, S. 48–51 ([2])

Scharf, A.: Digital Signal Processors for Control Applications. PCIM EUROPE 2 (1990) 1, S. 8–14 ([3])

Stern, M.: Digital Motor Controller with DSP and ASIC. PCIM EUROPE 1 (1989) 3, S. 163–167 ([4])

Olsen, W. R.; Dimitri, D. S.; Berg, D.: Control for Eight Axes by DSP. PCIM EUROPE 1 (1989) 5, S. 236–240 ([5])

Als digitale Signalprozessoren (DSP) werden spezialisierte Mikroprozessor-Schaltkreise bezeichnet, die hohe Verarbeitungsleistung und Peripheriefunktionen auf einem Chip vereinen. Auf Bedeutung und Möglichkeiten dieser Entwicklungsrichtung für die Antriebstechnik geht die Zeitschrift PCIM EUROPE in einigen Arbeiten ein, worüber hier zusammenfassend berichtet werden soll. Als einer der ersten DSP-Vertreter ist der zu Beginn der 80er Jahre von Intel eingeführte Typ 2920/21 anzusehen [1]. Dieser Prozessor verfügte über eine 25-bit-Architektur, enthielt einen 9-bit-AD/DA-Wandler und arbeitete mit einem speziellen Befehlssatz, optimiert auf die Berechnung von Differenzgleichungen. In die darauffolgenden DSP (TMS 32010 von Texas Instruments und uPD 7720 von NEC) wurden Hardware-Multiplizierer integriert, die eine Multiplikation 16-bit x 16-bit bereits innerhalb eines einzigen Befehlszyklus (typisch 100 ns) ausführbar machten. Intel zog sich im weiteren aus der DSP-Entwicklung zurück, so daß TI und NEC über längere Zeit Hauptanbieter auf diesem Sektor blieben. Die Prognosen überdurchschnittlicher Zuwachsraten bei DSP-Anwendungen ließen jedoch in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre zahlreiche weitere Firmen in diesen Markt eintreten.

Gegenwärtig bieten mehr als ein Dutzend Hersteller etwa 40 Typen von DSP an. Dabei ist eine Weiterentwicklung vor allem in den folgenden beiden Richtungen zu verzeichnen:

1. Erhöhung der Verarbeitungsleistung durch neue Architekturkonzepte und die Erhöhung der Taktfrequenz.
2. Zunehmende Integration von Peripheriefunktionen.

Folgende Charakteristika sind der Mehrzahl derzeitiger DSP gemeinsam:

- Integrierter Hardware-Multiplizierer
- Architektur mit hohem Anteil von Parallelfunktionen
- Taktfrequenzen von 20 MHz und darüber.

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Typen betreffen hauptsächlich die Art der Arithmetik (Festkomma oder Gleitkomma), die Vielfalt integrierter oder unterstützter Peripheriefunktionen, die Größe des anschließbaren Externspeichers sowie Umfang und Komfort des Befehlssatzes. Ausführliche Angaben über Strükturen und Leistungsmerkmale sind für die Motorola-Typenreihen 56000 und 96000 in [1], [2]; für den Typ ADSP 200X von Analog Devices in [2] und für die TI-Serie TMS 320 in [2] und [3] enthalten.

Der Einsatz von DSP in der Antriebstechnik steht in engem Zusammenhang zu der sich vollziehenden Ablösung der Gleichstromantriebe durch Drehstromsysteme. Zur Anwendung kommen im unteren Leistungsbereich hauptsächlich permanenterregte Synchronmotoren mit elektronischer Kommutierung und für höhere Antriebsleistungen die robusten Asynchronmotoren mit Kurzschlußläufer. Die weitgehende Wartungsfreiheit und der günstige Preis dieser Maschinen macht die Drehstromtechnik auch für Stellantriebe mit Leistungen zwischen einigen 100 W und 10 kW interessant [1] [4]. Dieser für die computerintegrierte Fertigung (CIM) bedeutungsvolle Einsatzbereich war wegen der hohen dynamischen Anforderungen bislang Domäne der DC-Systeme geblieben. Mit den digitalen Signalprozesseoren eröffnet sich eine kostengünstige Möglichkeit, die für geregelte Drehstromantriebe erforderlichen aufwendigen Steueralgorithmen auch unter zeitkritischen Bedingungen realisieren zu können.

Die Hardware-Struktur einer DSP-Antriebssteuerung kann so universell konzipiert werden, daß alle gängigen Arten und Typen von Stellmotoren einsetzbar sind [1] [4]. An den DSP sind über einen speziellen Bus eine Vielzahl von Pheripherieschaltkreisen (im Adreßbereich des Prozessors liegend – memory mapped) anschließbar. Folgende Kanäle sind für die Steuerung eines Asynchron-Motors typisch: Drehmelder (Resolver) und Referenzpunkt-Geber, Eingänge für 2 Strom-Istwerte und die Zwischenkreisspannung sowie 6 Logikausgänge für die Ansteuerung der Halbleiter-Schalter des PWM-Wechselrichters (z. B. IGBT). Weitere PIO-Kanäle und DA/AD-Wandler können für zusätzliche Steuerfunktionen genutzt werden. Der DSP selbst enthält integrierte serielle und parallele Schnittstellen für den Anschluß von Anlagen-Monitor und übergeordnetem PC sowie für die Vernetzung zu Mehrprozessorsystemen (Synchronisation von Drehzahl- oder Lageregelungen; koordinierte Mehrachsensteuerung). Durch Zusammenfassung der peripheren Schaltkreise in ASICs ist eine weitere Funktionsverdichtung erzielbar [4].

Die hohe Verarbeitungsleistung von DSP ermöglicht die Ausführung aller für Drehstrommaschinen erforderlichen Algorithmen im Frequenztakt von 5 bis 10 kHz, womit den Anforderungen hochdynamischer Stellantriebe entsprochen werden kann [1].

Die Regelung besitzt meistens Kaskaden-Struktur mit unterlagerten Regelkreisen für Strom, Moment und Drehzahl sowie einer äußeren Lageregelung. Weitere Berechnungen sind für die Transformation der feld- bzw. rotorbezogenen Größen in Statorkoordinaten sowie bei Asynchronmotoren, für das Flußmodell erforderlich. Am Ende des Zyklus steht die Bestimmung der Steuerinformationen für den Wechselrichter. Hierzu können weitere Funktionen kommen, wie die Implementierung digitaler Filter zur Unterdrückung mechanischer Resonanzen oder die Nutzung von FFT-Algorithmen zur laufenden Systemdiagnose [2]. Ferner sind bestimmte Kommunikationsanforderungen zu erfüllen. Zur Koordinierung dieser Aufgaben unterschiedlicher zeitlicher Priorität kann eine Zeitscheiben-Steuerung dienen [4].

Der Befehlssatz von DSP ist speziell für die digitale Signalverarbeitung und die dabei auftretenden umfangreichen numerischen Operationen ausgelegt. Hard- und Softwarewerkzeuge, einschließlich C-Compiler und Simulator, stehen als Entwicklungshilfen zur Verfügung [2] [3].

Beispiele industrieller DSP-Antriebssteuerungen liegen bereits vor. Hierzu zählen die als PC-Karten ausgeführten Typen DS 1001/2101 der Firma DSPACE [3] und der „Programmable Multi-Axis-Controller (PMAC)" von Delta Tau Systems/Baldor Europe [5]. Die PMAC-Karten sind wahlweise als PC-Version oder, im doppelten Europakarten-Format, für VMEbus-Umgebung ausgelegt. Eine komplette Einachsensteuerung mit DSP, ASIC und IGBT-Leistungsteil (380 V/5 kW) wird von der Firma Hauser Elektronik unter der Bezeichnung COMPAX 200 vorgestellt [1]. Alle genannten Systeme enthalten applikationsbezogene Software-Unterstützung.

Nach [2] ist sind die Aktivitäten der Industrie auf die Möglichkeiten von DSP in der Antriebstechnik bislang zurückhaltend. Ein Grund hierfür wird in den noch sehr hohen Preisen der DSP-Schaltkreise gesehen. Reduzierungen auf einen Stückpreis von weniger als 5 $ werden bei einer Massenanfertigung für möglich gehalten. Dann könnten DSP-Lösungen 90 bis 95 % der bisherigen Analog-Systeme ersetzen.

F. Fischer, Dresden EK 4270

BÜCHER

Mikroelektronische Steuerung von Präzisionsrobotern

Von *R. Langmann; M. Weingart.* Berlin: VEB Verlag Technik 1989. 1. Auflage, 75 S., 43 Bilder, 13 Taf., Broschur, 4,80 DM.

Industrieroboter gehören seit etwa zwei Jahrzehnten als universell einsetzbare Rationalisierungsmittel zum festen Bestand des Geräteparks für den Aufbau bedienarmer flexibler Fertigungszellen und Fertigungssysteme. Durch den Einsatz der Mikroelektronik und Mikrorechentechnik in den Steuerungs-, Antriebsregelungs- und Sensorsystemen ist es in den letzten Jahren gelungen, sehr schnell und hochgenau arbeitende Roboter zu entwickeln, die speziell für die Baugruppen- und Gerätemontage, z. B. für das Bestücken von Leiterplatten oder die Montage von Präzisionsbauteilen geeignet sind. Solche Roboter werden in Anlehnung an die Begriffsbildung in der Feingeräte- und Elektroindustrie als Präzisionsroboter bezeichnet. Es ist das erklärte Anliegen der Autoren, aufbauend und ergänzend zu den aus der Fachliteratur bekannten Grundlagen der Industrierobotertechnik den Lesern, d. h., Entwicklern und Anwendern von Robotersystemen jedoch auch Studierenden u. a. Interessenten insbesondere die Schwerpunktprobleme der mikroelektronischen Steuerungen solche Roboter zu erschließen. Dazu wird zunächst der Begriff „Präzisionsroboter für Montagezwecke" auf der Grundlage wesentlicher Gebrauchseigenschaften und Kenngrößen inhaltlich untersetzt, dann die für Präzisionsroboter relevanten Antriebssysteme sowie die für Montageroboter charakteristischen Strukturen des Koordinators seiner Aktionen und Achsbewegungen behandelt und anschließend Probleme der Steuerungssoftware sowie die Anwendung von Rechnerhochsprachen zur Implementierung des Roboterbetriebssystems und die Nutzung kommerzieller Rechnerbetriebssysteme für die Präzisionsrobotertechnik unter Beachtung praktischer Aspekte diskutiert. Es folgen sodann einige Ausführungen zur Verwaltung und Bedienung der im Zusammenhang mit der Steuerung von Präzisionsrobotern zu bewältigenden parallelen Prozesse und schließlich eine Beschreibung der hardware- und softwaremäßigen Eigenschaften der prozeßflexiblen Industrierobotersteuerung SIR 50 des VEB Robotron-Rationalisierung Weimar, die in Verbindung mit dem Greiferführungsgetriebe GFG 50 als Präzisionsrobotersystem PHM 50 für Montage- und Fertigungsprozesse in der Feingerätetechnik und Elektrotechnik/Elektronik eingesetzt werden kann.

Die Darstellung ist praxisorientiert und leicht verständlich geschrieben. Sie wird sich sicher dem angesprochenen Personenkreis als nützlich erweisen.

E. Habiger, Dresden EK 4200

WordPerfect 5.0/5.1 Macroprogrammierung

Von *H. Göckel,* Heidelberg: Hüthig Buch Verlag GmbH 1990. 415 Seiten, 1 Diskette, DM 69,00

WordPerfect, ein leistungsstarkes Programm für die Textverarbeitung, erfreut sich auf dem deutschen Markt zunehmender Beliebtheit. Diese Tatsache resultiert aus dem enormen Funktionsumfang des Textverarbeitungssystems, der niveaubestimmend auf diesem Softwaresektor ist. Dazu gehört die Macro-Sprache von WordPerfect, die ein mächtiges Werkzeug für den Nutzer darstellt und im Prinzip eine eigene Programmiersprache verkörpert.

Die tägliche Arbeit mit einem Textsystem ist gekennzeichnet durch die einfache Texterfassung bis hin zur Erstellung umfangreicher und komplexer Dokumente. Dies wird speziell von WordPerfect u. a. durch die Einbindung von Grafiken, Schemata, Tabellen, mathematischen Formeln sowie der Unterstützung zum Aufbau von Textverweisen bis zu Quellen-, Stichwort- und Inhaltsverzeichnissen unterstützt. Hierbei wünscht sich der Nutzer eine Hilfe, die es ihm gestattet, häufig wiederkehrende Abläufe zu rationalisieren. Mit der integrierten Macro-Unterstützung steht diese Hilfe in vollem Umfang zur Verfügung.

Der Umgang mit solchen Techniken verlangt allerdings eine fachlich fundierte Einweisung, die mit dem Buch des Herrn *Harald Göckel* vorliegt. Die Aufbereitung dieses umfangreichen und recht komplizierten Stoffes kann auf Grund der Erläuterungen und gewählten praxisbezogenen Beispiele als sehr gelungen bezeichnet werden. Für die hier aufgezeigten Tricks und Tips wird jeder Nutzer, der die von WordPerfect angebotene Leistungsfähigkeit noch effektiver und komfortabler nutzen will, dankbar sein. Im wesentlichen kann neben der generellen Möglichkeit, die gesamte Tastatur neu zu definieren zwischen zwei Fällen des Macro-Aufrufes unterschieden werden; dem Drücken einer Tastenkombination (z. B. Alt-Taste und Buchstabe B) oder dem Aufruf des gewünschten Macros über die sogenannte Macro-Taste in Verbindung mit der Eingabe des jeweiligen Macro-Namens.

Die hierzu erforderlichen Beschreibungen beginnen mit der Erstellung kleinerer Macros, die zu Beginn lediglich einige Tastenanschläge einsparen. An diesen Beispielen werden die Funktionen des integrierten Macro-Editors erläutert, nachdem u. a. das Prinzip der Macro-Verkettung verdeutlicht wurde.

Im nächsten Abschnitt wird sehr detailliert (150 Seiten) der Umfang der Macro-Programmiersprache behandelt, der immerhin ca. 60 Befehle enthält und an den Basisbefehlssatz höherer Programmiersprachen erinnert.

Auf dieser Grundlage schließlich werden komplizierte Funktionen erstellt, die die tatsächliche Leistungsstärke dieses Softwarepaketes in ungeahntem Umfang verdeutlicht.

Nahezu 90 dokumentierte, in der Praxis relevante Macros, die überdies noch auf Diskette mitgeliefert werden, schließen und runden das Buch ab.

Das vorliegende Buch stellt insgesamt eine wertvolle Erweiterung der WordPerfect-Literatur dar, bleibt bei allen Versuchen der ansprechenden Einführung wohl aber doch den „Profis" vorbehalten. Diese jedoch werden rundum exzellent bedient u. a. auch durch die bereits erfolgte Berücksichtigung der neuen WordPerfect Version 5.1, für die letztlich also kein neues Macro-Buch gekauft werden muß.

U. Müller, Berlin EK 4262

SPS-Programmierung, Beispiele und Aufgaben, Band 2

Von *A. Auer,* Heidelberg: Hüthig Buch Verlag GmbH 1990. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, 150 Seiten, 110 Abbildungen, DM 29,80.

Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) beherrschen heute weltweit in Form kleinster Kompaktsysteme bis hin zu Gerätefamilien mit modularen hierarchiespezifischen Komponenten zur Steuerung und Überwachung ganzer Produktionsanlagen den Gesamtbereich der industriellen Automatisierung. Durch die Ablösung konventioneller steuerungstechnischer Instrumentierungen dringen sie unablässig in weitere Applikationsbereiche vor. Vor vielen im Berufsleben stehenden Facharbeitern, Technikern und Ingenieuren steht daher die Aufgabe, sich mit dieser Technik vertraut zu machen und insbesondere ihre Programmierung zu erlernen. Es liegt in der Absicht des Autors, mit der vorgelegten Sammlung von Beispielen und Übungsaufgaben insbesondere dem Anfänger zu helfen und ihm eine rasche Einarbeitung in das Gebiet der SPS-Technik zu ermöglichen.

Im einzelnen werden in insgesamt 9 Abschnitten die Grundzüge der Programmierung speicherprogrammierbarer Steuerungen auf der Basis der bekannten Programmierfachsprachen Kontaktplan (KOP), Funktionsplan (FUP) und Anweisungsliste (AWL), das Programmieren elementarer logischer Verknüpfungen, die Programmierung sequentieller Elementarschaltungen (Flipflop-Funktionen), die Programmierung von Zähl- und Schiebefunktionen sowie von Zeitverzögerungen behandelt. In den vorletzten beiden Abschnitten des Buches wird jeweils nach Darlegung einer fünfschrittigen Implementierungsstrategie die Bearbeitung von Steuerungsaufgaben erläutert, die auf ein Schaltnetz (Kombinationsschaltung) bzw. auf ein Schaltwerk (sequentielle Schaltung) führen. Im letzten Buchabschnitt werden Möglichkeiten erörtert, die der Erhöhung der Sicherheit und Verfügbarkeit SPS-gesteuerter Anlagen dienen.

In drei Anhängen findet der Leser die Pro-

grammierung von Einschalt- und Ausschaltverzögerungen in verschiedenen firmenspezifischen Sprachen einander gegenübergestellt sowie eine auf die Zielstellung des Buches orientierte Zusammenstellung der Regeln der Bool'schen Algebra.
Die erwähnenswerte Besonderheit der Darstellung besteht darin, daß das wesentliche Stoffvolumen anhand von 75 gut gewählten Beispielen mit engem Bezug zu den für die SPS-Technik relevanten Vorschriften und Normen erläutert wird und der Leser an vielen Stellen die Möglichkeit erhält, das erworbene Wissen sofort an Übungsbeispielen (weit über 80) zu erproben.
Insgesamt empfiehtl sich das Buch als ein sehr nützliches Text- und Arbeitsbuch für den oben genannten Adressatenkreis.
E. Habiger, Dresden EK 4240

WordPerfect
Praxis – Grafik, Macroprogrammierung, Textgestaltung, Formulare

Von *K. J. Klein, P. Brunswicker, H. J. Heidelberg:* Hüthig Buch Verlag GmbH 1990. 285 Seiten, 1 Diskette, DM 69,00

Das Textbe- und -verarbeitungsprogramm WordPerfect bestimmt derzeit in zunehmendem Maße das Niveau der professionellen computergestützten Textverarbeitung. Die wachsende Zahl von Anwendern dieses Softwareproduktes im deutschsprachigen Raum wird der Hüthig Buch Verlag GmbH für seine Entscheidung, weitere Materialien als Ergänzung zum WordPerfect-Handbuch zur Verfügung zu stellen, danken. Der vorliegende Band vervollständigt eine Trilogie des Hüthig Buch Verlages zu WordPerfect, das mit dem Standardwerk „WordPerfect 5.0" sowie WordPerfect 5.0/5.1 Macroprogrammierung" zusammen eine ausreichende Grundlage für die professionelle Arbeit mit dem System darstellt.
Die Autoren werden mit den vorgestellten Problemlösungen zur täglichen und nicht alltäglichen Arbeit mit einem solchen Programm der Bezeichnung des Buches vollauf gerecht.
Im ersten Abschnitt des gut gegliederten Werkes werden Tips zur Gestaltung vor allem umfangreicher Texte gegeben. Dies betrifft in erster Linie die Nutzung der Funktionen Stichwort-, Inhalts- und Quellenverzeichnis sowie die Möglichkeiten der Absatznumerierung, automatischer Textverweise und der Kopf- und Fußzeilen und Fuß- und Endnotengestaltung. Ein Absatz „Optische Aufbereitung von Texten" rundet diesen ersten Teil ab und deutet etwas von der Leistungsfähigkeit des WordPerfect in Richtung Desktop Publishing an.
Während dies vor allem Nutzer interessieren wird, die publizistisch tätig sind bzw. wissenschaftliche Arbeiten in großem Umfang anfertigen müssen, so wendet sich der nächste Abschnitt an all die Nutzer, die dieses Programm und sinnvollerweise auch dieses Buch erworben haben, um ihre tägliche Büroarbeit zu rationalisieren.
Dieser ca. 90 Seiten umfassende Abschnitt stellt einen wertvollen Teil des Buches dar. Hier werden in sehr übersichtlicher Form allgemeine Hinweise bis zur konkreten Realisierung solcher Routineaufgaben gegeben, wie z. B. die zu einem Jahresabschluß eines Unternehmens gehörenden Bilanzen, Gewinn- und Verlustrechnungen, Anlagenspiegel, Personalstatistik u. dgl.
Eine wesentliche Stärke des Textprogrammes wird deutlich im Abschnitt „Formularbeschriftung". Die Autoren beweisen hier, daß man mit einem Drucker Formulare für den Außenhandel (Warenverkehrsbescheinigungen, Ausfuhrerklärungen...), für das Finanzamt (Lohnsteuermeldungen) bis hin zu Schulzeugnissen exakt ausfüllen kann, ohne den Papierkorb zu belasten.
Zur bequemeren Handhabung des Systems wird dem bereits etwas fortgeschrittenen Nutzer des weiteren eine detaillierte Einweisung in die Macrotechnik gegeben. WordPerfect stellt drei Möglichkeiten der Macronutzung bereit:
- Macros über Alt-Tasten-Kombinationen
- Macros über Namen
- Programmierung der Tastatur.

Einschließlich der Kommentierung des vollständigen Umfangs an Macro-Kommandos ist die Darstellung dieses Abschnittes geeignet, einen Profi zu unterstützen, dürfte einen „normalen" Nutzer jedoch eher abschrecken.
Anschauliche Beispiele für das Mischen oder Mailmergen für Serienbriefe, Adreßlisten oder Telefonverzeichnisse schließen das Buch ab, wobei ein gesondertes Kapitel der Verwendung von Sekundärdateien aus dBASE III+ gewidmet ist. Insgesamt stellt das Buch eine wertvolle Erweiterung des Spektrums deutschsprachiger Literatur zu dem nicht nur von mir sehr geschätzten WordPerfect dar.
U. Müller, Berlin EK 4263

Computer-Schnittstellen

Von *L. Preuß* und *H. Musa*.
München, Wien: Carl Hanser Verlag 1989. 233 Seiten, 110 Bilder, 78,– DM.

Das Buch behandelt drei Rechner-Schnittstellen, die bereits seit geraumer Zeit anerkannter Standard sind und große Verbreitung gefunden haben: CENTRONICS, V. 24 und IEC-625-Bus.
Die Gliederung sieht dementsprechend drei Hauptabschnitte vor, wo in einheitlicher Herangehensweise Beschreibung und Realisierungsmöglichkeiten der jeweiligen Schnittstelle ausgeführt werden. Auf Einführungen zum Normungs-Hintergrund folgen Angaben zu Steckerbelegungen und Ausführungen über die Funktionen der einzelnen Leitungen und die Datenprotokolle. Ausführliche Schaltungsbeschreibungen sowie Listings von Treiberprogrammen schließen sich an. Die vorgestellten Lösungsbeispiele basieren sämtlich auf modernen integrierten Interface-Bausteinen.
Gegenüber der Parallel-Schnittstelle CENTRONICS und der seriellen Schnittstelle V.24 nimmt der IEC-625-Bus eine besondere Stellung ein. Dieser Standard ermöglicht die Zusammenschaltung unterschiedlichster Meß- und Prüfgeräte einschließlich Controller zu automatisierten Testeinrichtungen. Das System entstand bereits in den siebziger Jahren, gewinnt jedoch gegenwärtig mit dem Aufkommen und der raschen Verbreitung der PC-Meßtechnik erneut an Aktualität. Obwohl sich auf diesem Gebiet bereits ein weiterer Industrie-Standard abzeichnet (VXIbus), wird nach allgemeiner Einschätzung der IEC-625-Bus noch über einen längeren Zeitraum hinweg für viele Anwendungsbereiche bestimmend bleiben.
Die Autoren tragen dieser Entwicklung Rechnung und behandeln den IEC-625-Bus als Schwerpunkt des Buches (150 Seiten). Wesentliche Elemente der Norm (auch als DIN IEC 625 vorliegend) werden dargestellt und erläutert. Von besonderem Interesse sind zweifellos die sich anschließenden Realisierungsbeispiele mit dem integrierten IEC-Interface-Baustein uPD 7210 (NEC). Dabei wird auf Anpassungen sowohl an 8-bit- als auch an 16-bit-Prozessoren eingegangen (Z80 bzw. MC68000). Die Programmierung des IEC-Bus wird mit Beispielen in BASIC, PASCAL und C veranschaulicht und durch Programmlistings dokumentiert.
Das Buch ermöglicht einen guten Überblick über die genannten Schnittstellen. Gleichzeitig enthält es für den Anwender von Rechnern und Testeinrichtungen nützliche Informationen über den Anschluß und das Zusammenwirken seiner Systemkomponenten. Darüber hinaus bietet die Schrift wertvolle Anregungen für die Entwicklung dieser Schnittstellen.
F. Fischer, Dresden EK 4261

Dokumentation

Steinbrück, V.; Wolff, J.
Schwerpunkte der wissenschaftlich-technischen Entwicklung lichttechnischer Erzeugnisse für die 90er Jahre
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 325–328, 3 Bilder, 1 Tafel, 11 Lit.
Die rationelle Energieanwendung als Innovationslinie wird die Entwicklung der Beleuchtung in den 90er Jahren weiterhin prägen. Zukünftige Hauptrichtungen werden sein: Miniaturisierung von Lichtquellen und Leuchten; Integration von Lichterzeugung und Lichtlenkung; Elektronik; Differenzierung der Farbqualität in der Beleuchtung; Erhöhung der Qualität spezieller Materialien und Halbzeuge.

Günther, K.; Kloss, G.; Lehmann, T.; Radtke, K.; Serick, F.
Natrium-Hochdrucklampen mit einer Farbtemperatur von 3000 K
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 328–331, 4 Bilder, 5 Tafeln, 8 Lit.
Im Impulsbetrieb lassen sich mit Natrium-Hochdrucklampen Farbtemperaturen von 3000 K und darüber realisieren. Die Lampenspektren wurden durch Variation der Impulsparameter, der Lampenfüllung und der Totraumtemperatur der Brenner so optimiert, daß sich dabei maximale Werte für Lichtausbeute und Farbwiedergabe ergeben. So konnten für einen 70 W-Lampentyp eine Lichtausbeute von 70 lm/W bei einem allgemeinenen Farbwiedergabeindex $R_a = 40$ bzw. eine Lichtausbeute von 60 lm/W bei $R_a = 70$ erreicht werden.

Stöckert, T.
NCA 35 – eine neue Generation von Kraftfahrzeugscheinwerferlampen
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 332–333, 3 Bilder, 1 Tafel
Forderungen nach einer besseren Fahrbahnausleuchtung sowie Senkung des c_w-Wertes der Karosserie führten zur Entwicklung eines neuen Kfz-Beleuchtungssystems.

Krzenziessa, S.; Weißer, W.
Erzeugnissortiment und Entwicklungsstand bei Kompakt-Leuchtstofflampen
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 333–335, 2 Bilder, 2 Tafeln
Die Entwicklung der Kompakt-Leuchtstofflampen mit vierfacher Lichtausbeute, fünffacher Lebensdauer und einer der Glühlampe ähnlichen Farbtemperatur von 2800 K wird im Beitrag dargestellt.

Trotz, J.; Weißer, W.
Anlaufverhalten von Kompakt-Leuchtstofflampen
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 335–336, 3 Bilder, 1 Tafel
Im Beitrag wird die Einstellung des Hg-Dampfdruckes und damit des Lichtstromes der NARVALUX LD-Lampen und NARVALUX electronic LVE-Lampen dargestellt.

Hoger, E.-K.
Zündspannungsverhalten kompakter Leuchtstofflampen in Abhängigkeit von der Frequenz
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 337–339, 4 Bilder, 8 Lit.
Zündspannungen werden in Abhängigkeit von der Frequenz (50 Hz – 18 kHz) und vom Vorheizstrom der Elektroden (bis max. 200 mA) bei Doppelrohrlampen LD 9 und LD 11 und entsprechenden Versuchslampen (2x LD 9) und (2x LD 11) bestimmt. Diese Versuchslampen sind ca. doppelt so lang wie die Doppelrohrlampen und haben eine zusätzliche Verengung. Außerdem liegen Zündspannungsmessungen an Vierrohrlampen LVE 20 bis 35 kHz vor.

Zabel, J.
Halbempirisches Modell zur Berechnung des Verhaltens von 26 mm-Leuchtstofflampen im äußeren Stromkreis
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 339–340, 3 Bilder, 4 Gln.
Mit Hilfe eines Modells soll die Messung zur Leistungsbilanz von Leuchtstofflampen zweckmäßig komprimiert werden.

Herzog, G.; Reimer, B.
Aufgaben und Probleme bei der Entwicklung und Anwendung von Leuchtstoffen für Quecksilberdampf-Niederdruckentladungslampen
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 340–342, 2 Bilder, 1 Tafel, 5 Lit.
Die Bedeutung der Hg-Niederdruckentladungslampe hat weiter zugenommen. Als wesentlicher Motor dieser Entwicklung erwiesen sich einmal mehr die auf dem Gebiet der Luminiphore erreichten Fortschritte, wie die Einführung der Seltenerdmetalle als Aktivatoren.

Dietrich, H.-J.
Die Anwendung der Weibullverteilung zur Beschreibung der Zuverlässigkeit von Lichtquellen
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 342–343, 2 Bilder, 4 Gln., 1 Lit.
Die Brenndauer von Leuchtstofflampen wird durch physiko-chemische Verschleißprozesse und einer damit verbundenen Parameterdrift begrenzt. Zur Approximation des Ausfallverhaltens wird die Weibullverteilung genutzt und die Ermittlung der Verteilungsparameter an einem Beispiel demonstriert.

Heinze, J.
Sekundärrohstoffe – Sekundärprobleme? Lichttechnisches Recycling
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 344–345, 2 Tafeln, 1 Gln., 11 Lit.
Es werden Hinweise und Überlegungen zum Stand und den Aufgaben des Recyclings von Lampen unter Beachtung des in Entladungslampen jetzt kaum ersetzbaren Quecksilbers gegeben. Wirtschaftlich interessante Effekte sind bisher nicht nachgewiesen.

Kreher, J.; Wilhelm, J.
Experimentelle und theoretische Untersuchungen an Leuchtstofflampen-Entladungen mit kleinem Durchmesser
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, S. 346–350, 9 Bilder, 1 Tafel, 11 Lit.
Metalldampfentladungen sind aus applikativer Sicht sowohl als Lichtquelle als auch als Strahlungsquelle in der Meßtechnik von Bedeutung. Aber auch für die Entwicklung der Gasentladungsphysik spielen Untersuchungen an solchen Entladungen eine große Rolle.

ELEKTRIE

Herausgeber	Kammer der Technik, Fachverband Elektrotechnik
Verlag	Verlag Technik GmbH Oranienburger Straße 13/14, Berlin, DDR, 1020 Telegrammadresse: Technikverlag Berlin Telefon: 28700 Telex: 0112228 techn dd Telefax: 2870259
Geschäftsführer	Dipl.-Ing. *Klaus Hieronimus*
Redaktion	Dr.-Ing. *Klaus Heide*, Chefredakteur (Telefon: 2870345) Dipl.-Ing. *Fritz Heinecke*, Redakteur (Telefon: 2870343) *Roland Lüders*, redaktioneller Mitarbeiter (Telefon: 2870344)
Lizenz-Nr.	1100 des Presse- und Informationsdienstes der Regierung der DDR
Gesamtherstellung	Leipziger Verlags- und Druckereigesellschaft mbH,
Gestaltung	*Ursula Maria Lange*
Anzeigenannahme	Verlag Technik GmbH, Anzeigenabteilung, Oranienburger Str. 13/14, Berlin, 1020 Telefon: 2870309 oder 2870291 Telefax: 2870254 Anzeigenpreisliste 1
Erfüllungsort und Gerichtsstand	Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.
AN (EDV)	6730
Erscheinungsweise	monatlich 1 Heft
Heftpreis	8,00 DM, Abonnementpreis vierteljährlich 24,00 DM
Bezugsmöglichkeiten	
DDR	sämtliche Postämter
SVR Albanien	Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Rruag Konference e Pezes, Tirana
VR Bulgarien	Direkzia R.E.P. 11 a, Rue Paris, Sofia
VR China	China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P. O. Box 88 Beijing
ČSFR	PNS – Ústřédni expedicia a dovpz tisku Praha, Slezska 11, 120000 Praha 2 PNS, Ústredna Expedicia a Dovoz Tlače Praha, Posta O22, 88547 Bratislava
SFR Jugoslawien	Jugoslovenska Knijiga, Terazije 27, Beograd; Izdavacko Knijižarsko Produzéće MLADOST, Ilica 30, Zagreb
Koreanische DVR	CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corportion, Pyongyang
Republik Kuba	Empresa de Comercio, Exterior de Publicationes, O'Reilly No. 407, Cuidad Habana
Republik Polen	C.K.P.i.W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa
Rumänien	D.E.P. Bucaresti Piata Scinteii, Bucaresti
UdSSR	Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' oder Postämter und Postkontore
Republik Ungarn	P.K.H.I. Külföldi Elöfizetesi Osztaly. P.O. Box 16, 1426 Budapest
SR Vietnam	XUNHASABA 32, Hai Ba Trung, Ha Noi
BRD und Berlin (West)	ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141–167, Berlin (West) 52, Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH+ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30
Österreich	Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, Brunn am Gebirge
Schweiz	Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich
Alle anderen Länder	örtlicher Buchhandel Verlag Technik GmbH

NEUERSCHEINUNG für Projektanten, Errichter und Betreiber von Beleuchtungsanlagen!

Beleuchtungstechnik
Grundlagen

Herausgegeben von Dipl.-Ing. Roland Baer
312 Seiten, 323 Bilder, 157 Tafeln, Leinen, 35,– DM.
ISBN 3-341-00674-5

Dieses neue Fachbuch enthält die theoretischen und praktischen Grundlagen, um Beleuchtungsanlagen zu projektieren und zu errichten, die den Sehanforderungen optimal angepaßt sind sowie energetisch und ökonomisch günstig sind. (Ein zweiter Band „Anwendungen" wird ausführliche Hinweise zur Beleuchtungsplanung im Industrie-, Gesellschafts- und Wohnungsbau, in der Sportstätten- und Straßenbeleuchtung enthalten.)

Aus dem Inhalt:

Grundlagen Einleitung. Lichttechnische, optische und farbmetrische Grundlagen. Physiologische und psychologische Grundlagen. Lichttechnische Berechnungen. Lichttechnische Messungen
Lichttechnische Bauelemente Lampen. Betriebsmittel für Entladungslampen. Leuchten
Beleuchtungssysteme im Innenraum Flächenbezogene Beleuchtungssysteme. Sehobjekttypische Beleuchtungssysteme
Beleuchtung mit Tageslicht Allgemeine Gesichtspunkte. Anforderungen an Fenster aus psychologischer Sicht. Anforderungen an die funktionelle Beleuchtung mit Tageslicht. Tageslichttechnische Grundlagen. Berechnung. Tageslichtergänzungsbeleuchtung.

VERLAG TECHNIK GmbH

Auslieferung in diesen Tagen.
Erhältlich durch den Buchhandel oder direkt ab Verlag.

KWO

KWO KABEL AG

Wilhelminenhofstr. 76/77
DDR-Berlin
1160

DIE RICHTIGEN KABEL FÜR SIE

Für alle Anwendungsgebiete. Nach Ihren speziellen Wünschen. Nach internationalen Standards. Approbationen liegen vor. Wir bieten jahrzehntelange Erfahrungen, technisches Know-how, beraten Sie bei der Lösung Ihrer Anwenderprobleme, vergeben Lizenzen. Wir übernehmen Projektierung, Lieferung und Chefmontage kompletter Kabelanlagen, Unterweisung der Anwendermonteure sowie Ausbildung Ihrer Arbeitskräfte für die Montage und Instandhaltung kabeltechnischer Anlagen.

KWO
weltweit kontaktbereit

Wir sind auf allen wichtigen internationalen Messen und Fachausstellungen vertreten. Zu den Leipziger Messen erreichen Sie uns in Halle 18 bzw. 22.

ISSN 0013–5399
ELEKTRIE · Berlin 44 (1990) 9 · S. 321–360

6730 9 177 027 465
KOMB KERAM WERKE
8612 7001 0136 PF 1

Wir bringen Sie mit den besten Fachleuten zusammen

Wir sind ein technisch-wissenschaftlicher Verband für alle Ingenieure, Naturwissenschaftler und Techniker, die in dem weiten Bereich der Elektrotechnik und Elektronik tätig sind.

Wenn Sie auch Mitglied werden wollen, senden Sie uns den ausgefüllten Aufnahmeantrag zu oder schreiben Sie einfach an die Adresse:
VDE
Verband Deutscher Elektrotechniker
Stresemannallee 15
VDE-Haus
D-6000 Frankfurt am Main 70

Auf einen Dialog mit Ihnen würden wir uns freuen.

regional

Wir sorgen für die Weiterbildung und berufliche Profilierung. Regional ist der VDE in Bezirksvereinen organisiert. In den industriellen Zentren der DDR – beispielsweise in Dresden und Cottbus – sind bereits VDE-Bezirksvereine in Gründung. Berlin und Umgebung wird von unserem Elektrotechnischen Verein Berlin (ETV) betreut.
Informationen und Kontakte bieten wir unseren Fachkollegen in der DDR für die Zeit der Neuordnung zu Sonderkonditionen:
Beitragsbefreiung für 1990, Übergangsregelungen für 1991 und 92, verbilligter Bezug der VDE-Fachzeitschriften, vergünstigte Teilnahme an Kongressen und Seminaren.

national

Wir fördern durch unsere fünf Fachgesellschaften die Weiterentwicklung von Elektrotechnik und Elektronik auf den Gebieten Informationstechnik (ITG), Energietechnik (ETG), Mikroelektronik (GME), Meß- und Automatisierungstechnik (GMA) sowie Feinwerktechnik (FWT).
Wir erarbeiten Normen und Sicherheitsbestimmungen, prüfen elektrotechnische und elektronische Geräte und Komponenten zum Schutz und Nutzen der Verbraucher und geben technisch-wissenschaftliche Publikationen heraus.

international

Wir haben weltweite Verbindungen. Wer heute bei wichtigen Fragen der Elektrotechnik mitreden will, braucht Weltoffenheit und internationales Format. Sie lernen auf Tagungen und Seminaren die besten Fachleute kennen.

Verband Deutscher Elektrotechniker

Ich beantrage die Aufnahme als ☐ persönliches Mitglied ☐ Jungmitglied (Student)

Name	Vorname	Titel/Beruf
PLZ/Wohnort (Privatanschrift)	Straße	Telefon
Geburtsdatum	beschäftigt bei (Universität/FH-Fachrichtung – vorauss. Studienende)	
PLZ/Wohnort (Geschäftsanschrift)	Straße	Telefon (bei Studenten: Heimatanschrift)
Ort	Datum	Unterschrift

Zuordnung zu einer Fachgesellschaft gewünscht? ITG – ETG – GME – GMA – FWT (max. 3)

Ich bin damit einverstanden, daß die hier gemachten Angaben für satzungsgemäße Zwecke des VDE be- und verarbeitet werden und daß dies auch mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung geschieht.

Verband Deutscher
Elektrotechniker (VDE) e.V.
VDE-Haus
Stresemannallee 15

6000 Frankfurt/Main 70